



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Bogor Agricultural U

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

ARDHEA CITRA PRATIWI



**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
KULTAS MATEMATIKA DAN PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul *Verifikasi Trajectory Polutan Kabut Asap Kebakaran Lahan Gambut di Riau* adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2018

Ardhea Citra Pratiwi
NIM G64140040



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



ABSTRAK

ARDHEA CITRA PRATIWI. *Trajectory Polutan Kabut Asap Kebakaran Lahan Gambut di Riau. Dibimbing oleh IMAS SUKAESIH SITANGGANG.*

Beberapa tahun terakhir sering terjadi kebakaran lahan gambut, terutama di Sumatra dan Kalimantan. Kabut asap dari kebakaran lahan gambut didominasi oleh polutan CO₂ dan CO yang merupakan penyumbang terbesar emisi gas rumah kaca dan mempunyai dampak negatif terhadap kesehatan. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak tersebut, salah satunya dengan memperkirakan pergerakan/*trajectory* polutan kabut asap. Hal tersebut telah dilakukan pada beberapa penelitian, namun verifikasi hasil dari penelitian tersebut belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi *trajectory* polutan dari penelitian tersebut menggunakan citra satelit Landsat 8 yang diklasifikasi menggunakan algoritme C5.0. Nilai akurasi model terbaik dari hasil klasifikasi pada penelitian ini adalah sebesar 97.589% dengan nilai koefisien Kappa sebesar 0.9706. Rata-rata akurasi hasil verifikasi *trajectory* polutan dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan citra hasil klasifikasi sebesar 69.34% polutan berada di piksel citra yang mengandung asap.

Kata Kunci: algoritme C5.0, citra satelit, kebakaran hutan, klasifikasi, polutan.

ABSTRACT

ARDHEA CITRA PRATIWI. *Verification Trajectory Pollutants Haze Peatland Fires in Riau. Supervised by Dibimbing oleh IMAS SUKAESIH SITANGGANG.*

In the last few years, peatland fires frequently occur in Indonesia, especially Sumatra and Kalimantan. Pollutants from the peat fires are dominated by CO₂ and CO which are the largest contributors to greenhouse gas emissions and also have negative impacts on health. There are several ways to reduce the impacts, one of them is by estimating the movement/trajectory of haze that have been done in some research, however those have not been verified. Therefore, this study aims to verify the pollutant trajectory that were generated in the previous study using satellite imagery, Landsat 8, classified by the C5.0 algorithm. The accuracy of the best classification model is 97.589% with Kappa coefisien is 0.9706. The average accuracy of the verification results is that 69.34% pollutions are located in image pixels that contain haze from peatland fires.

Keywords: C5.0 algorithm, classification, forest fire, pollution, satellite imagery



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



VERIFIKASI TRAJECTORY POLUTAN KABUT ASAP KEBAKARAN LAHAN GAMBUT DI RIAU

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada
Departemen Ilmu Komputer

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
KULTAS MATEMATIKA DAN PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Pengaji:

1 Dr Eng Annisa, SKom, MKom

2 Muhammad Asyhar Agmalaro, SSi MKom

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Skripsi: Verifikasi Trajectory Polutan Kabut Asap Kebakaran Lahan
Gambut di Riau

Nama : Ardhea Citra Pratiwi
NIM : G64140040

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Disetujui oleh

Dr Imas Sukaesih Sijanggang, SSi MKom
Pembimbing

Diketahui oleh



Tanggal Lulus: 09 JUL 2018

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Skripsi: Verifikasi *Trajectory* Polutan Kabut Asap Kebakaran Lahan Gambut di Riau
Nama : Ardhea Citra Pratiwi
NIM : G64140040



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Tanggal Lulus:

Disetujui oleh

Dr Imas Sukaesih Sitanggang, SSi MKom
Pembimbing

Diketahui oleh

Prof Dr Ir Agus Buono, MSi MKom
Ketua Departemen

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2018 ini ialah *data mining*, dengan judul Verifikasi *Trajectory Polutan Kabut Asap Kebakaran Lahan Gambut di Riau*.

Penulisan skripsi ini merupakan karya ilmiah pertama dari gelar Sarjana yang dilakukan oleh penulis sendiri. Banyak kendala dan tantangan dari awal penelitian dilaksanakan. Doa, dukungan, dan kasih sayang dari Ayah Suprapto dan Mama Nur Kasanah serta saudari penulis, Ariani Indrawati menjadi kekuatan untuk menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Dr Imas Sukaesih Sitanggang, SSi MKom selaku pembimbing, yang senantiasa memberikan solusi ketika kesulitan, dan ikhlas meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan selama penelitian.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr.Eng. Annisa, S.Kom, M.Kom dan Bapak Muhammad Asyhar Agmalaro, SSi MKom selaku penguji
2. Bapak Dr Ir Agus Buono, MSi MKom selaku Ketua Departemen Ilmu Komputer IPB.
3. Seluruh dosen, staf tata usaha, dan staf pegawai Departemen Ilmu Komputer IPB.
4. Seluruh teman-teman sebimbingan yaitu, Shita, Amel, Risti, David, Nur, Desi, Miqdad.
5. Seluruh teman-teman Program S1 Ilmu Komputer IPB angkatan 51.

Semoga segala bantuan, bimbingan, motivasi, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis senantiasa dibalas oleh Allah subhanahu wa ta'ala. Semoga karya ilmiah ini memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi pembaca.

Bogor, Juli 2018

Ardhea Citra Pratiwi



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Catatan Belakang	1
Pendahuluan Masalah	2
Tujuan Penelitian	3
Manfaat Penelitian	3
Ruang Lingkup Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
METODE	9
Metoda Penelitian	9
Tahapan Penelitian	11
HASIL DAN PEMBAHASAN	15
SIMPULAN DAN SARAN	36
Simpulan	36
Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	40
RIWAYAT HIDUP	62



DAFTAR TABEL

1	Karakteristik sensor Landsat 8 (USGS 2016)	4
2	Perbandingan hasil algoritme klasifikasi (Meliaina 2016)	5
3	Perbandingan hasil algoritme klasifikasi (Thariqa <i>et al.</i> 2016)	5
4	Data <i>trajectory</i> polutan kabut asap dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 9 Juli 2015 jam ke-3 dan ke-6 (Apriliantono 2017)	9
5	Tanggal data penelitian	10
6	Ringkasan statistik band 5,7,1 pada citra Landsat	11
7	<i>Confusion matrix</i>	13
8	Nilai tingkat kemiripan antar kelas asap, vegetasi, awan, dan badan air	17
9	Distribusi data latih pada <i>fold</i> ke-5	18
10	Distribusi data uji pada <i>fold</i> ke-5	18
11	Model berbasis pohon keputusan	19
12	Akurasi model berbasis pohon keputusan	19
13	<i>Confusion matrix</i> untuk <i>classifier</i> dari <i>fold</i> ke-5	20
14	Akurasi <i>user</i> dan produksi setiap kelas dari <i>fold</i> ke-5	20
15	Luas area hasil klasifikasi pada citra 10 Juli 2015	23
16	Luas area hasil klasifikasi pada citra 26 Juli 2015	24
17	Luas area hasil klasifikasi pada citra 3 September 2015	24
18	Luas area hasil klasifikasi pada citra 21 Oktober 2015	24
19	Hasil <i>intersect</i> data <i>trajectory</i> polutan kabut asap dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 9 Juli 2015 jam ke-3	25
20	Hasil verifikasi periode 1 (9 Juli – 10 Juli 2015)	26
21	Luas area klasifikasi lahan terbangun pada citra 10 Juli 2015	27
22	Hasil verifikasi periode 2 (22 Juli – 23 Juli 2015)	28
23	Hasil verifikasi periode 3 (26 Juli – 29 Juli 2015)	29
24	Luas area klasifikasi lahan terbangun pada citra 26 Juli 2015	30
25	Hasil verifikasi periode 4 (30 Agustus – 1 September 2015)	31
26	Hasil verifikasi periode 5 (1 September – 2 September 2015)	32
27	Luas area klasifikasi lahan terbangun pada citra 3 September 2015	33
28	Hasil verifikasi periode 6 (21 Oktober – 22 Oktober 2015)	34
29	Luas area klasifikasi lahan terbangun pada citra 10 Juli 2015	35
30	Hasil verifikasi seluruh periode	36

DAFTAR GAMBAR

1	Citra Landsat 8	10
2	Tahapan penelitian	11
3	Proses kombinasi <i>band</i> citra 10 Juli 2015	15
4	Ciri khas tutupan lahan	16
5	Histogram <i>separability</i> pasangan kelas asap dan awan	17
6	Proses klasifikasi	22
7	Citra hasil klasifikasi	23
8	Hasil tumpang tindih data <i>trajectory</i> polutan dan citra hasil klasifikasi	25
9	Hasil tumpang tindih data <i>trajectory</i> periode 1 dengan citra 10 Juli 2015	26

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



10	Hasil tahapan penentuan daerah pemukiman pada citra 10 Juli 2015	27
11	Hasil tumpang tindih data <i>trajectory</i> periode 2 dengan citra 26 Juli 2015	28
12	Hasil tumpang tindih data <i>trajectory</i> periode 3 dengan citra 26 Juli 2015	29
13	Hasil tahapan penentuan daerah pemukiman pada citra 26 Juli 2015	30
14	Hasil tumpang tindih data <i>trajectory</i> periode 4 dengan citra 3 September 2015	31
15	Hasil tumpang tindih data <i>trajectory</i> periode 5 dengan citra 3 September 2015	32
16	Hasil tahapan penentuan daerah pemukiman pada citra 3 September 2015	33
17	Hasil tumpang tindih data <i>trajectory</i> periode 6 dengan citra 21 Oktober 2015	34
18	Hasil tahapan penentuan daerah pemukiman pada citra 21 Oktober 2015	35

DAFTAR LAMPIRAN

Contoh data <i>trajectory</i> polutan kabut asap yang akan diverifikasi	40
Contoh hasil ekstrasi nilai <i>digital number</i> citra sampel	42
Tingkat kemiripan seluruh pasangan kelas	42
Distribusi data latih dan data uji	43
Model berbasis pohon keputusan dan model berbasis aturan	48
<i>Confusion matrix</i>	56
Akurasi user (kesalahan komisi) dan akurasi produksi (kesalahan omisi)	59

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki daerah lahan gambut yang luas, yaitu sekitar 10 hingga 20 juta hektar yang tersebar pada berbagai daerah, antara lain Sumatra, Kalimantan, dan Papua (Safitri 2016). Lahan gambut merupakan salah satu tipe lahan basah yang memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia dan alam sekitarnya, antara lain sebagai peredam banjir, pencegah intrusi air laut, pendukung berbagai kehidupan/keanekaragaman hayati, pengendali iklim dan sebagainya. Namun, dalam beberapa tahun terakhir di Indonesia sering terjadi kebakaran lahan gambut khususnya di Sumatra dan Kalimantan. Menurut data dari *World Wildlife Fund* (WWF) tahun 2015 dikatakan luas kebakaran lahan gambut mencapai rata-rata 32.1% di Sumatra dan 25.1% di Kalimantan. Kebakaran lahan gambut di Indonesia sempat menjadi perhatian dunia dan dapat dikatakan sebagai bencana regional dan global karena dampak yang ditimbulkan menyebar ke negara tetangga dan polutan yang terkandung didalamnya, seperti CO₂ yang berpotensi menyebabkan *global warming* (Adinugroho *et al.* 2005).

Kabut asap yang ditimbulkan kebakaran lahan gambut sangat berbahaya jika terjadi angin dan sampai ke pemukiman penduduk. Asap tersebut dapat menyebabkan kurangnya jarak pandang, menurunnya kualitas udara, dan banyaknya warga yang mengalami gangguan kesehatan seperti infeksi saluran pernafasan dan iritasi mata. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada tahun 2015, di Sumatra Selatan terdapat 31.370 jiwa yang mengalami gangguan saluran pernafasan. Oleh karena itu, diperlukan antisipasi untuk mengurangi dampak tersebut, salah satunya mengetahui pergerakan arah kabut asap dan polutan yang dihasilkan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis data arah pergerakan kabut asap dan polutan akibat kebakaran lahan gambut adalah *trajectory pattern mining*. Beberapa penelitian terkait *trajectory pattern mining* telah dilakukan diantaranya adalah penelitian Ni'am *et al.* (2017) yaitu mencari sebaran konsentrasi polutan CO dan CO₂ akibat kebakaran lahan gambut di Sumatra tahun 2015 menggunakan HYSPLIT dan mengelompokkannya menggunakan algoritme K-means. Hasil penelitian Ni'am *et al.* (2017) menunjukkan rata-rata konsentrasi polutan sebesar 0.0487 µg/m³ untuk CO dan 0.3687 µg/m³ untuk CO₂. Konsentrasi polutan tersebut terdapat pada 45.525 (95%) posisi *trajectory* kabut asap dan menyebar luas dari Riau sampai ke Nangroe Aceh Darussalam. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Yanti (2017) yaitu menganalisis pola *trajectory* kabut asap dan polutan CO dan CO₂ akibat kebakaran lahan gambut di Sumatra Selatan tahun 2015 menggunakan HYSPLIT dan mengelompokkannya menggunakan algoritme K-means. Hasil penelitian Yanti (2017) diperoleh bahwa rata-rata konsentrasi polutan secara keseluruhan adalah 145 µg/m³ untuk CO dan 5.400 µg/m³ untuk CO₂ dengan rata-rata ketinggian kabut asap adalah 48.090 m AGL yang tersebar pada wilayah Sumatra Selatan, Jambi, Riau, Sumatra Barat hingga Malaysia. Penelitian lainnya dilakukan oleh Apriliantono (2017) yaitu membangun aplikasi *Trajectory Pattern Mining* berbasis web untuk simulasi pola *trajectory* yang dibangkitkan menggunakan HYSPLIT serta menganalisis tingkat konsentrasi polutan CO dan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

CO₂ yang terkandung dalam *trajectory* kabut asap kebakaran lahan gambut di Sumatra. Hasil penelitian tersebut menunjukkan konsentrasi polutan wilayah Indonesia dan Malaysia dimana tingkat konsentrasi polutan terbesar berpusat di daerah Kubu, Kabupaten Rokan Hilir, Riau. Namun, pada penelitian yang dilakukan oleh Apriliantono (2017) belum dilakukan verifikasi untuk mengetahui kebenaran simulasi polutan kabut asap.

Pengolahan citra satelit yang dihasilkan *remote sensing* merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memverifikasi polutan kabut asap, karena pemanfaatan citra satelit sangat luas jangkauannya, terutama dalam hal yang berkaitan dengan ruang spasial permukaan bumi, mulai dari sumber daya alam, lingkungan, kependudukan, transportasi sampai pada bidang pertahanan. Sebaran spasial area yang terbakar dan luas lahan yang terbakar merupakan salah satu informasi yang dapat diketahui dari citra satelit (Suwarsono *et al.* 2013). Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengolah data citra tersebut adalah teknik klasifikasi. Klasifikasi adalah proses membuat model yang menjelaskan label kelas-kelas data dan menggunakan model tersebut untuk memprediksi kelas objek yang label kelainya tidak diketahui (Han *et al.* 2012). Pohon keputusan merupakan salah satu algoritme yang dapat digunakan untuk proses pengklasifikasian.

Penelitian oleh Thariqa *et al.* (2016) melakukan perbandingan algoritme pohon keputusan untuk mengklasifikasi citra satelit Rokan Hilir, Riau. Penelitian tersebut membandingkan algoritme C4.5, CART, *spatial decision tree* (SDT) dan C5.0. Hasil akurasi tertinggi dari algoritme yang dibandingkan pada penelitian tersebut adalah C5.0 yaitu sebesar 99.79% dengan menggunakan citra satelit Landsat ETM+. Perbandingan algoritme pohon keputusan juga dilakukan oleh penelitian Meliana (2016) yang membandingkan algoritme *Random Forest* (RF) yang menghasilkan akurasi sebesar 97.26% dan algoritme C5.0 yang menghasilkan akurasi sebesar 97.10%. Penelitian oleh Istiqomah (2016) menggunakan algoritme C5.0 dan *Spatial Decision Tree* (SDT) dari penelitian Thariqa *et.al* (2016) untuk mengklasifikasikan area terbakar serta mengidentifikasi *fire spot* di Kalimantan. Penelitian oleh Agrippina (2017) juga menggunakan algoritme C5.0 untuk mengklasifikasikan citra satelit Landsat 8 untuk memverifikasi pola sekuens titik panas di Kubu Raya dan memiliki nilai akurasi terbaik sebesar 97.36%. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan klasifikasi citra Landsat 8 menggunakan algoritme pohon keputusan karena seperti yang disebutkan sebelumnya banyak penelitian yang menggunakan algoritme ini untuk klasifikasi citra satelit. Model yang dihasilkan dari klasifikasi citra akan digunakan untuk memverifikasi *trajectory* polutan dari kabut asap kebakaran lahan gambut di Riau.

Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengklasifikasikan data citra Landsat 8 untuk verifikasi *trajectory* polutan dari kabut asap kebakaran lahan gambut di Riau dengan menggunakan algoritme pohon keputusan C5.0.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1 Melakukan proses klasifikasi citra satelit di daerah Riau menggunakan algoritme pohon keputusan C5.0.
- 2 Melakukan verifikasi *trajectory* polutan kabut asap dari hasil klasifikasi citra Landsat 8 di Riau.

Manfaat Penelitian

Hasil verifikasi *trajectory* polutan dari kabut asap yang dilakukan dalam penelitian ini diharapkan dapat mengetahui tingkat akurasi hasil *trajectory* polutan dari simulasi HYSPLIT. Selain itu, hasil klasifikasi citra dapat digunakan untuk estimasi penyebaran polutan kabut asap sehingga dapat menjadi pertimbangan pemerintah atau *stakeholder* untuk menentukan keputusan untuk menangani dampak kebakaran lahan gambut.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan hasil *trajectory* polutan kabut asap yang diperoleh dari penelitian sebelumnya oleh Apriantono (2017).

TINJAUAN PUSTAKA

Kebakaran Lahan Gambut

Lahan gambut adalah lahan yang jenuh air dan tersusun dari sisa-sisa tanaman serta jaringan tanaman yang melapuk dengan ketebalan lebih dari 50 cm (Noor dan Heyde 2007). Lahan gambut memiliki sifat kimia dan sidat fisik yang unik. Sifat kimia gambut menunjukkan kondisi kesuburan tanah gambut yang bervariasi dan pada umumnya memiliki kesuburan yang rendah. Sementara itu sifat fisik gambut bersangkutan dengan kematangan, warna, berat jenis, porositas, kering tak balik, subsidensi, dan mudah terbakar (Najiyati *et al.* 2005).

Kebakaran lahan gambut hampir terjadi setiap tahun di Indonesia dan memiliki dampak yang besar. Oleh karena itu diperlukan penanganan yang tepat dan cepat. Salah satunya dengan melakukan pemantauan titik panas sehingga pemadaman dapat lebih cepat dilakukan dan dampak yang ditimbulkan dapat diminimalisir. Titik panas merupakan indikator kebakaran hutan pada suatu area yang memiliki suhu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di sekitarnya yang dapat dideteksi oleh satelit. Area tersebut direpresentasikan dalam suatu titik yang memiliki koordinat tertentu (Lapan 2014). Pemantauan lokasi titik panas dapat dilakukan dengan bantuan satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dan perangkat Sistem Informasi Geografi (SIG).

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Landsat 8 adalah sebuah satelit observasi bumi yang diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013. Satelit ini merupakan hasil program sumberdaya bumi yang dikembangkan oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *U.S. Geological Survey* (USGS). Landsat 8 memiliki 11 band yang karakteristiknya ditunjukkan pada Tabel 1. Landsat 8 memiliki resolusi spasial dan resolusi radiometrik. Resolusi spasial berkaitan ukuran objek terkecil yang terdapat di permukaan bumi yang dapat dikenal. Sementara resolusi radiometrik merepresentasikan data sebesar 16 bit (USGS 2016).

Tabel 1 Karakteristik sensor Landsat 8 (USGS 2016)

Band	Keterangan	Resolusi	Spektral (μm)
1	Coastal/Aerosol	30 m	0.435 – 0.451
2	Blue	30 m	0.452 – 0.512
3	Green	30 m	0.533 – 0.590
4	Red	30 m	0.636 – 0.673
5	Near Infrared (NIR)	30 m	0.851 – 0.879
6	Short Wave Infrared 1 (SWIR-1)	30 m	1.566 – 1.651
7	Short Wave Infrared 2 (SWIR-2)	30 m	2.107 – 2.294
8	Panchromatic (PAN)	15 m	0.503 – 0.676
9	Cirrus	30 m	1.363 – 1.384
10	Thermal Infrared 1 (TIR 1)	100 m	10.600 – 11.190
11	Thermal Infrared 2 (TIR 2)	100 m	11.500 – 12.510

Citra merupakan representasi dua dimensi dari suatu objek di dunia nyata. Citra digital terdiri dari array angka-angka dalam bentuk dua dimensi (*path* dan *row*). Setiap sel citra digital disebut piksel yang nilai koordinatnya diketahui dan nilai intensitasnya diwakili oleh suatu angka *digital number* (DN) yang merepresentasikan tingkat kecerahan masing-masing piksel penyusun citra tersebut.

Klasifikasi Citra Satelit

Klasifikasi citra satelit merupakan metode pemberian label atau kelas pada setiap piksel citra berdasarkan karakteristik spektral pada berbagai *band* (Sharma *et al.* 2013). Pada kasus klasifikasi citra satelit, variabel respon umumnya adalah kelasnya dan variabel penjelas adalah *spectral bands* atau informasi yang diturunkan dari *spectral bands* (Sharma *et al.* 2013).

Beberapa penelitian tentang klasifikasi citra satelit telah dilakukan dengan berbagai algoritme pohon keputusan diantaranya penelitian Meliana (2016) yang membandingkan dua algoritme pohon keputusan yaitu algoritme *Random Forest* (RF) dan algoritme C5.0 untuk mengklasifikasikan lahan gambut yang terbakar di Kabupaten Ogan Kemering Ilir menggunakan data citra satelit Landsat 7 ETM+. Pembagian data latih dan data uji menggunakan *K-fold cross validation* dengan $K=10$. Hasil dari klasifikasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan hasil algoritme klasifikasi (Meliana 2016)

Algoritme	Koefisien Kappa	Akurasi (%)
C5.0	0.96	97.10
Random Forest	0.97	97.26

Penelitian lainnya dilakukan oleh Thariqa *et al.* (2016) yang membandingkan empat algoritme pohon keputusan untuk area terbakar pada lahan gambut di Rokan Hilir Riau. Algoritme yang dibandingkan pada penelitian tersebut adalah *spatial decision tree* (SDT), *classification and regression trees* (CART), algoritme C5.0, dan algoritme C4.5. Pembagian data latih dan data uji menggunakan *K-fold cross validation* dengan $K=10$. Hasil dari klasifikasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan hasil algoritme klasifikasi (Thariqa *et al.* 2016)

Algoritme	Akurasi (%)	Jumlah aturan	Ukuran pohon
C4.5	98.89	1681	3362
CART	95.67	8	15
C5.0	99.79	595	1603
SDT	96.39	11	20

Berdasarkan hasil penelitian Thariqa *et al.* (2016) algoritme C5.0 memiliki akurasi lebih baik karena algoritme ini meningkatkan informasi atribut dari citra sehingga menghasilkan perbedaan antar kelas yang lebih baik. Algoritme C5.0 juga digunakan pada penelitian Istiqomah (2016) bersama dengan SDT untuk mengklasifikasikan area terbakar serta mengidentifikasi *fire spot* di Kalimantan berdasarkan hasil klasifikasi area terbakar menggunakan citra Landsat 7 dan pola sekvens titik panas yang didapatkan menggunakan algoritme *PrefixSpan*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa di Pulang Pisau, Palangkaraya dan Pontianak terdapat 72.68%, 100% dan 100% pola sekvens yang menjadi *fire spot*. Penelitian lainnya yang menggunakan algoritme C5.0 adalah penelitian Agrippina (2017) untuk mengklasifikasi citra Landsat 8 yang hasilnya digunakan untuk verifikasi pola sekvens titik panas. Verifikasi dilakukan dengan cara *overlay* citra hasil klasifikasi dengan pola sekvens titik panas dan memperoleh nilai akurasi terbaik sebesar 97.36% dan koefisien kappa 0.94.

Algoritme C5.0 merupakan perbaikan dari C4.5. C5.0 lebih baik dari C4.5 dalam hal kecepatan, efisiensi penggunaan memori, ukuran pohon keputusan dan kesukaran klasifikasi (Pandya dan Pandya 2015). Oleh karena itu, penelitian ini

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

menggunakan algoritme C5.0 untuk klasifikasi citra. Sedangkan untuk pembagian data latih dan data uji digunakan *K-fold cross validation* dengan $K=10$.

Pohon Keputusan

Pohon keputusan adalah *flowchart* yang berbentuk seperti struktur pohon, dimana setiap *internal node* pada pohon merepresentasikan atribut, setiap cabang merepresentasikan nilai atribut, dan *node daun (leaf)* merepresentasikan kelas tertentu (Han *et al.* 2012). Pohon keputusan melakukan *breakdown* proses pengambilan keputusan yang kompleks menjadi lebih simpel sehingga dihasilkan aturan-aturan yang mudah dipahami dan mudah untuk diinterpretasikan ke solusi dari permasalahan. Algoritme C5.0 adalah salah satu algoritme pohon keputusan yang merupakan pengembangan dari algoritme sebelumnya yaitu C4.5 dan ID3.

Atribut dalam algoritme C5.0 dipilih dengan menghitung besarnya nilai *Information gain*. Pemilihan atribut untuk memecahkan objek harus dipilih atribut yang menghasilkan *information gain* paling besar. Atribut yang memiliki *information gain* terbesar akan dipilih sebagai *parent* atau untuk *node* selanjutnya. Persamaan *entropy* dan *information gain* dapat dihitung dengan Persamaan 1 (Han *et al.* 2012).

$$Info(D) = - \sum_{i=1}^m P_i \log_2(P_i) \quad (1)$$

dimana $Info(D)$ adalah nilai *entropy* dari sampel data D , m adalah jumlah kelas yang ada di atribut, P_i adalah peluang dari kelas i atau rasio dari kelas. Log basis dua digunakan karena informasi dikodekan dalam bit, yaitu nol dan satu. Misalkan, data latih D dipecah berdasarkan atribut A yang mempunyai v nilai berbeda $\{a_1, a_2, \dots, a_v\}$. Informasi yang didapat setelah pemecahan tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 2 (Han *et al.* 2012).

$$Info_A(D) = \sum_{j=1}^v \frac{|D_v|}{D} X Info(D_j) \quad (2)$$

dimana D_v adalah jumlah kasus pada setiap nilai v dalam suatu atribut, D adalah jumlah seluruh data dan D_j adalah nilai *entropy* setiap nilai v dalam suatu atribut. *Information gain* yang diperoleh pada atribut A dapat dihitung dengan Persamaan 3 (Han *et al.* 2012).

$$Gain(A) = Info(D) - Info_A(D) \quad (3)$$

Nilai $Gain(A)$ menyatakan bahwa ada berapa banyak cabang yang akan diperoleh pada A . Atribut A dengan *information gain* tertinggi, maka $Gain(A)$ dipilih sebagai atribut pada node (Han *et al.* 2012). Adapun *pseudocode* algoritme pohon keputusan (Han *et al.* 2012):

Input:

- a Partisi data, D, data latih yang telah ditentukan label kelasnya
- b *Attribute_list*, himpunan yang terdiri dari kandidat atribut
- c *Attribute_selection_method*, prosedur untuk menentukan kriteria pemotongan yang partisi *tuple* data terbaik ke kelas masing-masing.

Metode:

- 1 Membuat simpul N
- 2 Jika semua tupel di D memiliki kelas yang sama yaitu C.
Maka simpul N sebagai simpul daun dan diberi label dengan kelas C.
- 3 Jika *attribute list* kosong, maka
Jadikan simpul N sebagai simpul daun dan diberi label = nilai kelas terbanyak pada sampel
- 4 Menerapkan *attribute selection method* (D, *attribute list*) untuk memperoleh atribut uji terbaik
- 5 Beri label simpul N dengan atribut data uji
- 6 Jika atribut bernilai diskret dan diperbolehkan untuk dipisah, maka
- 7 $\text{Attribute list} \leftarrow \text{attribute list} - \text{atribut uji}$
- 8 Untuk setiap nilai j dari atribut uji yang diketahui
 - Buat Dj menjadi kumpulan data *tuple* D untuk memenuhi hasil j
 - Jika Dj kosong maka
Tambahkan simpul daun yang diberi label = nilai kelas yang terbanyak pada D ke simpul N
 - Selainnya, tambah cabang baru di bawah dengan memanggil fungsi *generate decision tree* (Dj *attribute list*) ke simpul N;
 - Kembalikan N;

Trajectory Pattern Mining

Trajectory pattern mining adalah pola dari pasangan daerah yang dikunjungi selama terjadi pergerakan dan waktu durasi pergerakannya. *Trajectory pattern mining* memiliki ciri khas yaitu adanya *Region of Interest* (RoI) yang berkaitan dengan daerah pergerakan objek dan *Typical Travel Time* yang berkaitan dengan pergerakan objek dari suatu daerah ke daerah yang lain (Giannotti *et al.* 2007). *Trajectory pattern mining* berkembang dari penelitian-penelitian pada bidang *spatiotemporal sequential pattern*, dimana informasi spasial menunjukkan lokasi atau titik yang dikunjungi selama pergerakan, sedangkan informasi temporal menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk pergerakan dari satu titik ke titik lain.

Beberapa penelitian tentang *trajectory pattern mining* telah dilakukan diantaranya penelitian Ni'am *et al.* (2017) menggunakan metode HYSPLIT untuk membangkitkan pola *trajectory* konsentrasi polutan CO dan CO₂ akibat kebakaran lahan gambut di Sumatra tahun 2015. Penentuan lokasi awal kabut asap kebakaran menggunakan data sekuens titik panas yang diperoleh dari data hasil penelitian Abiantini *et al.* (2017), sedangkan penentuan konsentrasi polutan CO dan CO₂ menggunakan data meteorologi diperoleh dari *Global Data Assimilation Systems* dengan resolusi satu derajat (GDAS1). Data *trajectory* konsentrasi polutan CO dan CO₂ dikelompokan menggunakan algoritme K-means dengan menggunakan *cluster* sebanyak 5. Hasil algoritme K-means menunjukkan *cluster* yang memiliki



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

konsentrasi polutan paling tinggi beranggotakan 17 lokasi dan memiliki nilai rata-rata sebesar $11.1471 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO dan sebesar $88.5882 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO₂ yang tersebar di Provinsi Riau yang berpusat di wilayah Siak, Rupat, Kuala Cenaku, Rengat, Rengat. Sedangkan, hasil *cluster* terbesar beranggotakan sebanyak 45 525 lokasi *trajectory* kabut asap dengan persentase 95.40% dari jumlah data dan memiliki nilai rata-rata konsentrasi sebesar $0.0487 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO dan sebesar $0.3687 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO₂ yang tersebar di wilayah Riau sampai ke Nanggroe Aceh Darussalam.

Penelitian Yanti (2017) menggunakan metode HYSPLIT untuk pembangkitan pola *trajectory* kabut asap dan pembangkitan konsentrasi polutan. Pembangkitan pola *trajectory* kabut asap menggunakan data sekuens titik panas yang diperoleh dari data hasil penelitian Abriantini *et al.* (2017) pada bulan September dan Oktober 2015. Pembangkitan konsentrasi polutan menggunakan data metereologi kebakaran lahan gambut di Provinsi Sumatra Selatan tahun 2015 yang disuaikan dengan data kemunculan sekuens titik panas pada bulan September dan Oktober. Hasil pembangkitan pola *trajectory* kabut asap akan digabung dengan hasil pembangkitan konsentrasi polutan (CO dan CO₂) dan hasilnya kelompokan menggunakan algoritme K-means dengan menggunakan *cluster* sebanyak 5. Hasil algoritme K-means menunjukkan *cluster* yang memiliki konsentrasi polutan paling tinggi beranggotakan 106 lokasi *trajectory* dan memiliki nilai rata-rata sebesar $3\,590.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO dan sebesar $20\,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO₂ dan rata-rata ketinggian sebesar 2.196 m AGL yang tersebar di wilayah Kabupaten Banyuasin, Ogan Ilir, Ogan Komering Ilir, Muara Enim, dan Musi Banyu Asin. Sedangkan, hasil *cluster* terbesar beranggotakan sebanyak 30 302 lokasi *trajectory* dengan persentase 90.5% dari jumlah data dan memiliki nilai rata-rata konsentrasi sebesar $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO dan sebesar $803 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO₂ dan rata-rata ketinggian sebesar 19.009 m AGL yang tersebar di wilayah Kabupaten Soralungun, Musi Ngawas, Dharmasraya, Merangin, Muaro Jambi, Tanjung Jabung Barat, dan Kota Jambi.

Penelitian yang dilakukan Apriliantono (2017) yaitu membangun aplikasi *Trajectory Pattern Mining* berbasis web untuk simulasi pola *trajectory* yang dibangkitkan menggunakan HYSPLIT dan menganalisis tingkat konsentrasi polutan CO dan CO₂ yang terkandung dalam *trajectory* kabut asap kebakaran lahan gambut di Sumatra. Pembangkitan pola *trajectory* menggunakan data metereologi di kawasan lahan gambut provinsi Riau tahun 2015 yang diperoleh NOAA dan data sekuens titik panas di provinsi Riau pada bulan Juli 2015 hingga Oktober 2015 yang diperoleh dari penelitian Abriantini *et al.* (2017). Simulasi *trajectory* dibagi menjadi 6 periode, yaitu periode 1 simulasi *trajectory* polutan kabut asap terjadi pada tanggal 9 Juli – 11 Juli 2015, periode 2 simulasi terjadi pada tanggal 22 Juli – 23 Juli 2015, periode 3 simulasi terjadi pada tanggal 26 Juli – 29 Juli 2015, periode 4 simulasi terjadi pada tanggal 30 Agustus – 1 September 2015, periode 5 simulasi terjadi pada tanggal 1 September – 2 September 2015 dan periode 6 simulasi terjadi pada tanggal 21 Oktober – 22 Oktober 2015. Hasil dari simulasi *trajectory* 6 periode tersebut merupakan data yang akan diverifikasi pada penelitian ini. Contoh data *trajectory* dapat dilihat pada Tabel 4, data *trajectory* seluruh periode dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 4 Data *trajectory* polutan kabut asap dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 9 Juli 2015 jam ke-3 dan ke-6 (Aprilantono 2017)

Hari	Jam	Latitude	Longitude	CO ₂ (kg/m ³)	CO (kg/m ³)
9	3	-0.27	102.6	1.50x10 ⁻⁷	0
9	3	0.37	102.65	5.70x10 ⁻⁶	8.20x10 ⁻⁷
9	3	-0.27	102.65	5.3x10 ⁻⁶	5.00x10 ⁻⁷
9	3	-0.27	102.65	5.30x10 ⁻⁶	5.00x10 ⁻⁷
9	3	-0.22	102.65	7.50x10 ⁻⁷	0
9	3	-0.22	102.6	0	5.60x10 ⁻⁸
9	6	-0.32	102.65	6.90x10 ⁻⁶	7.60x10 ⁻⁷

Selanjutnya, data hasil *trajectory* masing-masing periode dikelompokan untuk menganalisis konsentrasi polutan. Analisis konsentrasi polutan dilakukan dengan menggunakan data *trajectory* polutan yang dikelompokan menggunakan algoritme ST-DBSCAN. Hasil *cluster* algoritme ST-DBSCAN pada periode 1 yang terjadi pada tanggal 9 Juli – 11 Juli 2015 menunjukkan konsentrasi polutan tertinggi berada pada 6 199 lokasi dengan persentase 94.75% dari jumlah data dan memiliki nilai rata-rata konsentrasi sebesar 0.0028994 kg/m³ untuk CO dan 0.003766 kg/m³ untuk CO₂ yang tersebar di wilayah Bengkalis, Rokan Hilir, Natuna, dan Dumai hingga beberapa daerah di Malaysia kemudian hasil *cluster* tersebut dikelompokkan menggunakan algoritme K-means dengan jumlah 7 *cluster*. Langkah ini bertujuan untuk memperoleh *cluster* berukuran lebih kecil agar dapat mempresentasikan suatu wilayah dengan lebih baik. Hasil algoritme K-means menunjukkan tingkat konsentrasi polutan tertinggi berada pada *cluster* 7 dengan rata-rata tingkat konsentrasi polutan CO₂ dan CO berturut-turut sebesar 0.0000946 kg/m³ dan 0.000013 kg/m³ yang berpusat pada daerah Teluk Piyai, Kubu, kabupaten Rokan Hilir, Riau.

METODE

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *trajectory* polutan kabut asap, data titik panas, data peta pemukiman Provinsi Riau dan data citra satelit Landsat 8. Data *trajectory* polutan kabut asap yang diverifikasi pada penelitian ini diperoleh dari hasil penelitian Aprilantono (2017) yang terdiri dari 6 periode yang dapat dilihat pada Tabel 5. Titik awal simulasi *trajectory* polutan kabut asap dari setiap periode pada penelitian Aprilantono (2017) diambil dari penelitian Abiantini *et al.* (2017), dimana diambil sekuen titik panas yang sering muncul pada Provinsi Riau pada tahun 2015. Data *trajectory* polutan kabut asap diverifikasi menggunakan data citra satelit Landsat 8 yang diperoleh dari website <http://earthexplorer.usgs.gov>, sehingga tanggal, *path* dan *row* data citra satelit yang digunakan disesuaikan dengan waktu dan daerah terjadinya setiap periode yang dapat dilihat pada Tabel 5. Data titik panas Riau tahun 2015 digunakan untuk

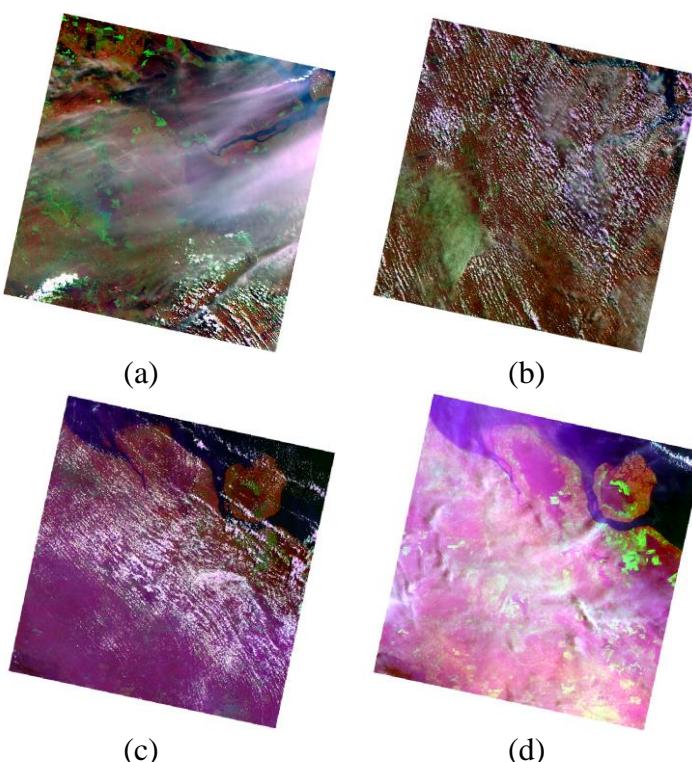
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

menentukan kelas terbakar dan tidak terbakar. Data ini diperoleh dari FIRMS MODIS Fire/Hotspot, NASA/University of Maryland. Data peta pemukiman Provinsi Riau digunakan untuk menentukan posisi lahan terbangun pada saat tahap verifikasi. Data ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) melalui situs <http://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>. Keseluruhan data spasial menggunakan sistem referensi spasial WGS84.

Tabel 5 Tanggal data penelitian

Periode	Simulasi Tanggal Periode (Tahun 2015)	Path Citra	Row Citra	Tanggal Citra (Tahun 2015)	Titik Panas (Tahun 2015)
1	09/07 – 11/07	126	60	10/07	06/07 – 10/07
2	22/07 – 23/07	126	60	26/07	22/07 – 26/07
3	26/07 – 29/07	126	60	26/07	22/07 – 26/07
4	30/08 – 01/09	127	59	03/09	30/08 – 03/09
5	01/09 – 02/09	127	59	03/09	30/08 – 03/09
6	21/10 – 22/10	127	59	21/10	17/10 – 21/10

Data citra satelit Landat 8 yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 4 citra yang terjadi pada tanggal 10 Juli 2015, 26 Juli 2015, 3 September 2015 dan 21 Oktober 2015. Seluruh citra yang digunakan untuk verifikasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan ringkasan statistik masing-masing citra dapat dilihat pada Tabel 6.



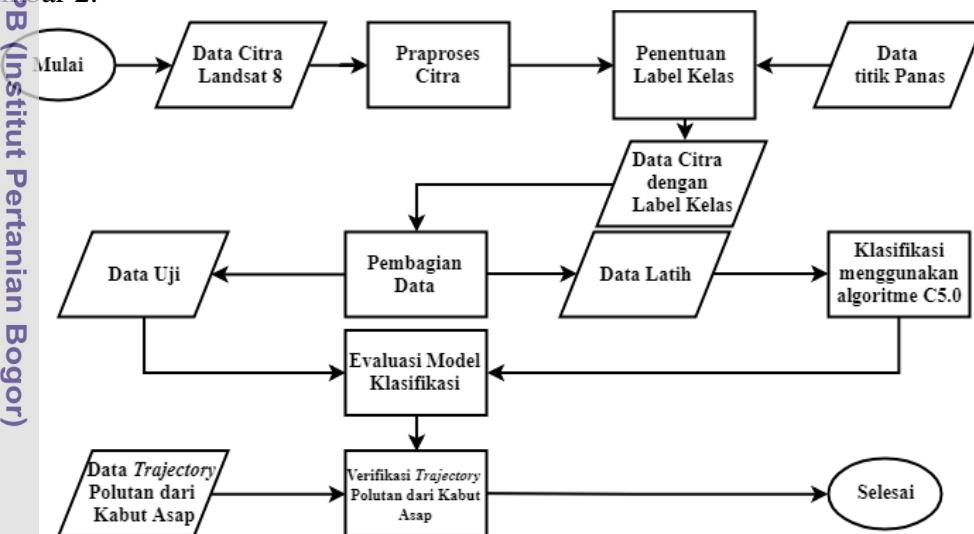
Gambar 1 Citra Landsat 8 (a) 10 Juli 2015, (b) 26 Juli 2015, (c) 3 September 2015 (d) 21 Oktober 2015

Tabel 6 Ringkasan statistik band 5,7,1 pada citra Landsat

Citra Landsat 8	Cloud cover (%)		Minimum	Maksimum	Rata-rata
10 Juli 2015	35.13	Band 5	7222	53052	20297.03
		Band 7	5346	38764	9872.04
		Band 1	9473	44060	15799.89
26 Juli 2015	49.58	Band 5	6274	65535	21179.1
		Band 7	5216	34882	11346.41
		Band 1	9657	53934	16098.81
3 September 2015	54.46	Band 5	6639	60534	22549.70
		Band 7	5269	57299	11320.99
		Band 1	12074	52000	21476.89
21 Oktober 2015	100	Band 5	11311	48712	23764.07
		Band 7	7073	27660	10416.35
		Band 1	17529	38587	23096.90

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan beberapa tahap yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Tahapan penelitian

Praproses Citra

Pada tahap ini dilakukan proses kombinasi *band*, georeferensi, dan penentuan area studi. Tahapan pertama adalah kombinasi *band*. Landsat 8 memiliki 11 *band* yang rentang frekuensi yang berbeda (Tabel 1). Setiap *band* memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga apabila dikombinasikan akan dihasilkan informasi yang berbeda. Tujuan dari kombinasi *band* adalah mendapatkan tampilan visual yang optimal untuk menggambarkan asap, area lahan gambut yang terbakar dan tidak terbakar. Kombinasi *band* 5 atau *Near Infrared* (NIR), 7 atau *Short Wave Infrared* 2 (SWIR-2), dan 1 atau *Coastal/Aerosol* dapat digunakan untuk mendekripsi partikel-partikel kecil pada atmosfer seperti asap (Harris 2015). *Band* 5

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Penentuan Label Kelas

Pembagian Data

Klasifikasi menggunakan Algoritme C5.0

Evaluasi Model Klasifikasi

($0.851 - 0.879 \mu\text{m}$) digunakan karena dapat menentukan tanaman yang sehat dan tidak sehingga dapat ditentukan area lahan gambut tidak terbakar dan setelah terbakar (Landsat 2013). *Band 7* ($2.107 - 2.294 \mu\text{m}$) sangat sensitif terhadap penceran radiasi sehingga dapat mendeteksi sumber panas (Landsat 2013). *Band 1* ($0.435 - 0.451 \mu\text{m}$) digunakan karena dapat mendeteksi partikel kecil seperti asap dan kabut pada atmosfer (Landsat 2013).

Tahap selanjutnya adalah proses georeferensi yang bertujuan untuk menyamakan sistem referensi koordinat yang digunakan pada citra satelit. Sistem referensi koordinat merupakan sistem yang digunakan dalam pendefinisian koordinat dari suatu titik dalam ruang. Proses georeferensi dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS untuk mendapatkan citra satelit yang memiliki titik georeferensi dan sistem koordinat. Tahapan terakhir pada praproses citra adalah penentuan area studi yang memiliki tujuan untuk memilih citra yang akan digunakan untuk proses klasifikasi. Citra yang dipilih adalah citra yang memiliki persentase *cloud cover* paling rendah sehingga visualisasi antara area yang terkena asap/awan dan area yang tidak terkena asap/awan terlihat jelas.

Penentuan Label Kelas

Label kelas yang akan digunakan pada penelitian ini berjumlah 8 kelas yaitu asap, awan, badan air, bayangan, lahan terbangun, terbakar, telah terbakar, dan vegetasi. Salah satu indikator terjadinya kebakaran adalah titik panas (Menhut 2009). Oleh karena itu data titik panas digunakan untuk penentuan label kelas terbakar dan telah terbakar. Tahapan pertama untuk menentukan label kelas adalah pengambilan data *sample* atau contoh untuk masing-masing kelas. Tahap pengambilan data contoh dilakukan menggunakan perangkat lunak Quantum GIS. Tahapan selanjutnya adalah menghitung tingkat kemiripan antar kelas menggunakan *package* SpatialEco pada perangkat lunak R.

Pembagian Data

Pembagian data latih dan data uji pada penelitian ini menggunakan metode *K-fold cross validation* dengan $K=10$. Pada metode ini data dibagi menjadi K kelompok dan mengulang percobaan sebanyak K -kali. Data dibagi menjadi 10 kelompok ($K=10$) percobaan dengan proporsi 90% data latih dan 10% data uji. Pemilihan $K=10$ dikarenakan sudah ada beberapa bukti teoritis yang menunjukkan bahwa $K=10$ adalah jumlah yang tepat untuk mendapatkan perkiraan kesalahan terbaik (Witten dan Frank 2005).

Klasifikasi menggunakan Algoritme C5.0

Proses klasifikasi dilakukan menggunakan algoritme C5.0 dengan menggunakan *package* C5.0 yang terdapat pada perangkat lunak R. Klasifikasi menggunakan data latih untuk mendapatkan model klasifikasi. Atribut yang ada pada *dataset* adalah *band 5*, *band 7*, dan *band 1*. Setiap atribut berisi nilai piksel dari setiap *band*.

Evaluasi Model Klasifikasi

Tahapan evaluasi dilakukan untuk menilai kinerja suatu model klasifikasi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan evaluasi adalah

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

confusion matrix yang merupakan sebuah tabel yang terdiri dari banyaknya baris data uji yang diprediksi benar dan tidak benar. Bentuk *confusion matrix* dapat dilihat pada Tabel 7. Evaluasi hasil klasifikasi yang dapat dihitung berdasarkan *confusion matrix* adalah akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) dan koefisien Kappa (Bogoliubova dan Tymkow 2014).

Tabel 7 *Confusion matrix*

Kelas Aktual	Kelas Prediksi							Total Baris
	1	2	3	...	8			
1	D_{11}	N_{12}	N_{13}	...		N_{18}		R_1
2	N_{21}	D_{22}	N_{23}	...		N_{28}		R_2
3	N_{31}	N_{32}	D_{33}	...		N_{38}		R_3
...
8	N_{81}	N_{82}	N_{83}	...		D_{88}		R_8
Total Kolom	C_1	C_2	C_3	...		C_8		N

Sel yang ada pada matriks diagonal adalah nilai yang terklasifikasi dengan benar (D_{ij}). Akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) dihasilkan dari perbandingan jumlah piksel yang terklasifikasi dengan benar dengan total piksel keseluruhan. Nilai akurasi keseluruhan dapat dihitung dengan Persamaan 4 (Bogoliubova dan Tymkow 2014).

$$\text{Akurasi Keseluruhan} = \frac{\sum D_{ij}}{N} \times 100\% \quad (4)$$

dimana D_{ij} adalah nilai piksel pada matriks diagonal dan N adalah jumlah semua nilai pada *confusion matrix*. Kekurangan dari akurasi keseluruhan adalah tidak dapat dilihat seberapa tepat setiap kelas dikategorikan. Akurasi produksi dan akurasi *user* merupakan pengukuran kebaikan kelas yang umum digunakan. Akurasi produksi dapat menunjukkan seberapa baik suatu kelas telah diklasifikasikan, sedangkan tingkat kesalahannya ditunjukkan dengan nilai kesalahan Omisi. Akurasi produksi merupakan kemungkinan suatu jenis tutupan lahan terklasifikasi sesuai dengan jenisnya, nilai akurasi produksi dapat dihitung menggunakan Persamaan 5 (Bogoliubova dan Tymkow 2014).

$$\text{Akurasi produksi} = \frac{D_{ij}}{C_j} \times 100\% \quad (5)$$

dimana D_{ij} adalah nilai yang terklasifikasi dengan benar pada masing-masing kelas dan C_j adalah jumlah kolom *confusion matrix* pada masing-masing kelas. Akurasi *user* dapat menunjukkan seberapa baik suatu piksel yang telah diklasifikasi, secara aktual mewakili kelas-kelas tersebut di lapangan, sedangkan tingkat kesalahannya ditunjukkan dengan nilai kesalahan Komisi. Akurasi *user* merupakan kemungkinan suatu piksel terlabeli sama antara hasil klasifikasi dan data aktualnya, nilai akurasi *user* dapat dihitung menggunakan Persamaan 6 (Bogoliubova dan Tymkow 2014).



$$Akurasi User = \frac{D_{ij}}{R_i} \times 100\% \quad (6)$$

dimana D_{ij} adalah nilai yang terkласifikasi dengan benar pada masing-masing kelas dan R_i adalah jumlah baris *confusion matrix* pada masing-masing kelas. Nilai akurasi yang sering digunakan adalah koefisien Kappa karena hasil perhitungan keseluruhan cenderung menaksir terlalu tinggi sehingga akurasi koefisien Kappa lebih sering digunakan untuk mengevaluasi suatu model klasifikasi (Riswanto 2009). Nilai koefisien Kappa dihitung menggunakan semua elemen dari *confusion matrix*. Nilai akurasi koefisien Kappa dapat dihitung menggunakan Persamaan 7 (Bogoliubova dan Tymkow 2014).

$$Kappa = \frac{N \sum_{i,j=1}^m D_{ij} - \sum_{i,j=1}^m R_i \cdot C_j}{N^2 - \sum_{i,j=1}^m R_i \cdot C_j} \quad (7)$$

dimana N adalah jumlah piksel pada *confusion matrix*, m adalah jumlah kelas, D_{ij} adalah nilai piksel pada matriks diagonal, R_i adalah jumlah piksel pada baris ke- i dan C_j adalah jumlah piksel pada kolom ke- j . Selain akurasi model, dapat dihitung akurasi pada setiap aturan (*rule*) yang dihasilkan model. Perhitungan akurasi aturan dapat dihitung menggunakan Rasio Laplace, pada persamaan 8.

$$Rasio Laplace = \frac{n - m + 1}{n + 2} \quad (8)$$

dimana nilai n adalah jumlah data latih yang tergolong ke dalam kriteria suatu aturan, m adalah jumlah data latih yang salah terprediksi pada aturan tersebut.

Verifikasi Trajectory Polutan dari Kabut Asap

Hasil dari klasifikasi citra satelit dapat mengetahui piksel yang menggambarkan kabut asap. Verifikasi dilakukan dengan cara tumpang tindih citra hasil klasifikasi dengan data *trajectory* polutan kabut asap. Tahapan selanjutnya data *trajectory* polutan kabut asap diseleksi berdasarkan ukuran citra hasil klasifikasi atau area studi, sehingga data yang berada diluar area studi hilang. Tahapan terakhir dilakukan proses *intersect* antara citra hasil klasifikasi dan data *trajectory* polutan kabut asap untuk mengetahui masing-masing kelas *trajectory* polutan kabut asap, sehingga dapat diketahui jumlah polutan kabut asap setiap kelasnya dan dihitung tingkat polutannya.

Perangkat Penelitian

Perangkat keras berupa komputer personal dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz,
- RAM 8 GB,
- Hardisk Internal 1000 GB

Perangkat lunak yang digunakan selama penelitian berlangsung yaitu sebagai berikut:

- Sistem operasi Windows 10 64-bit,

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Bahasa pemograman R versi 3.4.0 untuk menjalankan RStudio,
- RStudio versi 1.1.383 untuk mengolah data dan klasifikasi citra,
- Quantum GIS 2.18.14 untuk praproses citra satelit dan pemroses citra satelit,
- DBMS PostgreSQL 9.3.20 digunakan untuk mengelola data spasial

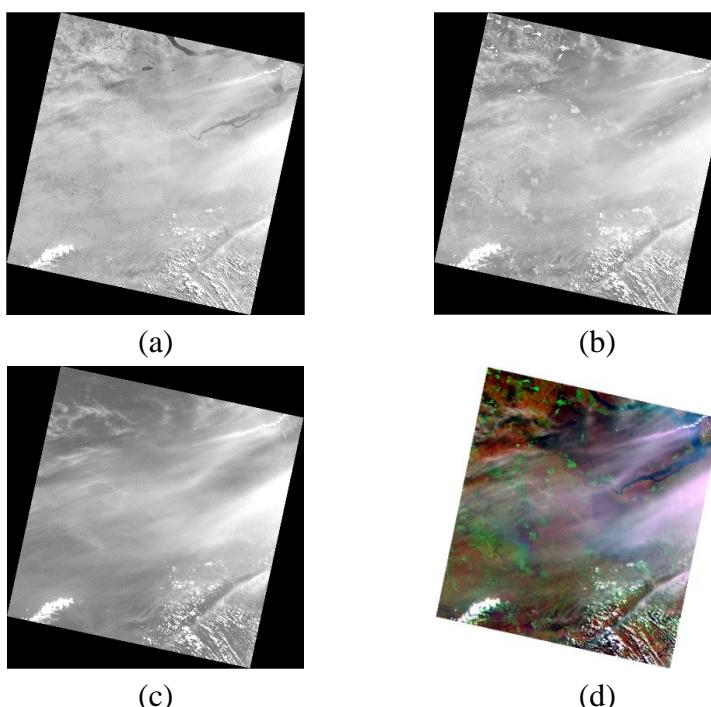
HASIL DAN PEMBAHASAN

Praproses Citra

© Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Tahapan pertama pada praproses citra adalah kombinasi *band*. Proses kombinasi *band* dilakukan pada semua citra untuk setiap periode (Tabel 1). *Band* yang akan dikombinasikan adalah *band 5* (NIR), *band 7* (SWIR-2), *band 1* (Cristal/Aerosol). Sebelum melakukan proses *composite*, citra memiliki tipe *grayscale* dimana citra berwarna abu-abu dan piksel dalam citra hanya memiliki satu nilai digital. Sedangkan, setelah dilakukan kombinasi setiap piksel memiliki tiga nilai digital yang berasal dari kombinasi *band 5*, *band 7*, *band 1*. Citra hasil kombinasi memiliki tipe RGB atau *true color* dimana citra memiliki warna campuran merah, hijau, dan biru. Gambar 3 (a), (b), dan (c) menunjukkan citra sebelum proses kombinasi *band* dan Gambar 3 (d) menunjukkan citra hasil kombinasi *band*. Asap pada citra kombinasi ditunjukkan pada warna merah muda pada citra (Harris 2015).



Gambar 3 Proses kombinasi *band* citra 10 Juli 2015 (a) Citra satelit *band 5* sebelum kombinasi, (b) Citra satelit *band 7* sebelum kombinasi, (c) Citra satelit *band 1* sebelum kombinasi dan (d) Citra hasil kombinasi *band 571*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)



Gambar 4 Contoh kelas tutupan lahan (a) Kelas tebakar (b) Kelas Telah Terbakar (c) Kelas Lahan Terbangun (d) Kelas Asap (e) Kelas Awan (f) Kelas bayangan (g) Kelas Badan Ait (h) Kelas Vegetasi

Setelah citra sampel terkumpul, selanjutnya citra diekstrak ke dalam nilai digital menggunakan perangkat lunak R. Hasil ekstraksi citra dapat dilihat pada Lampiran 2. Jumlah piksel masing-masing kelas adalah 243 034 untuk kelas

Penentuan Label Kelas

Proses penetuan label kelas bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kelas yang akan digunakan dalam proses klasifikasi. Dalam penelitian ini terdapat delapan buah label kelas yang akan digunakan. Data titik panas yang digunakan disesuaikan dengan tanggal citra dan kelasnya. Kelas terbakar menggunakan data titik panas 6 Juli – 10 Juli 2015 dan kelas telah terbakar menggunakan data titik panas 5 Januari – 5 Juli 2015. Tahapan pertama dalam penetuan label kelas adalah pengambilan data sampel. Total minimal data sampel adalah 10% dari citra yang diklasifikasikan, yaitu citra pada tanggal 10 Juli 2015. Total area studi berjumlah 58 837 841 piksel, sehingga jumlah minimal data sampel adalah 5 837 841 piksel.

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara tumpang tindih data titik panas dengan citra satelit yang digunakan. Sampel piksel yang diambil dengan memotong citra berdasarkan penampakan visual pada *display monitor* dan data titik panas, dimana kelas terbakar ditandai dengan warna hijau terang dan ada di sekitar titik panas pada tanggal 06 Juli – 10 Juli 2015, kelas telah terbakar dan terbangun memiliki tampilan visual yang hampir sama dengan kelas terbakar yaitu berwarna hijau sehingga digunakan data titik panas tanggal 05 Januari – 05 Juli 2015 untuk membedakannya, kelas asap ditandai dengan warna merah muda keputihan, kelas awan ditandai dengan warna putih, kelas bayangan ditandai warna hitam, kelas badan air ditandai dengan warna biru tua dan kelas vegetasi ditandai dengan warna merah. Contoh citra masing-masing kelas dapat dilihat pada Gambar 4.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

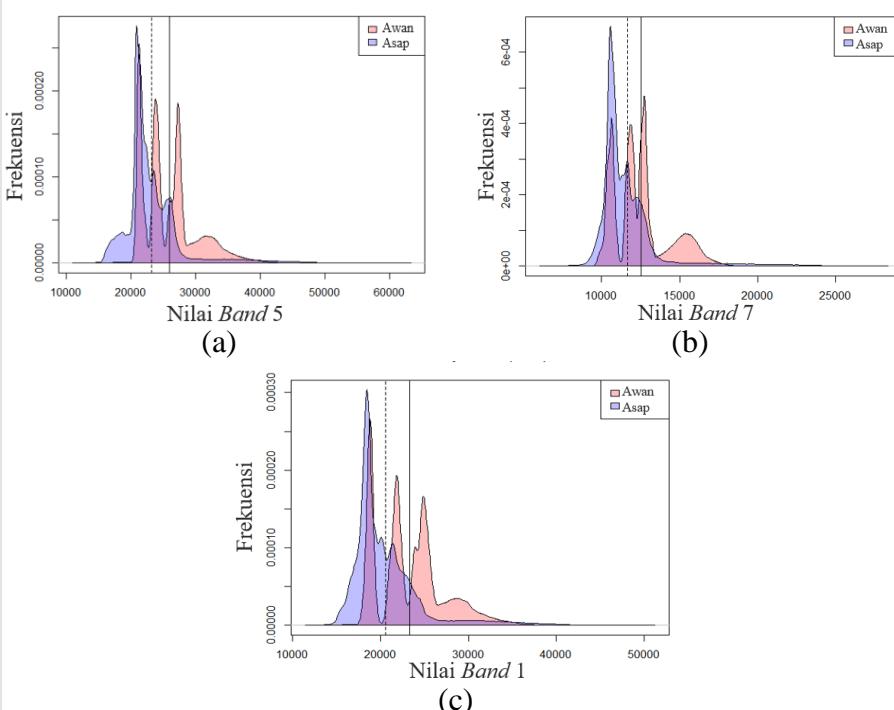
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

terbakar, 727 034 untuk kelas telah terbakar, 258 118 untuk kelas lahan terbangun, 981 483 piksel untuk kelas asap, 729 020 untuk kelas awan, 245 474 untuk kelas bayangan, 983 210 untuk kelas badan air dan 1 779 286 untuk kelas vegetasi. Sehingga, total data sampel berjumlah 5 946 659 piksel. Tahapan selanjutnya adalah mengukur tingkat kemiripan antar kelas yang dilakukan menggunakan fungsi *separability* pada *package SpatialEco* menggunakan perangkat lunak R. Pengukuran tingkat kemiripan memiliki skala 0 sampai 2, dimana apabila tingkat kemiripan semakin mendekati nilai 0 artinya tingkat kemiripan semakin tinggi dan sebaliknya. Nilai tingkat kemiripan antar kelas asap, vegetasi, awan, dan badan air dapat dilihat pada Tabel 8, seluruh nilai tingkat kemiripan setiap pasangan kelas dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 8 Nilai tingkat kemiripan antar kelas asap, vegetasi, awan, dan badan air

Pasangan Kelas	Band 5	Band 7	Band 1	Rata-rata
Asap, Vegetasi	1.09918	1.33685	1.52165	1.31923
Asap, Awan	0.09494	0.05923	0.11998	0.09138
Asap, Badan Air	1.30976	1.09873	1.06539	1.15796

Dari seluruh nilai tingkat kemiripan, nilai terendah ada pada pasangan kelas asap dan awan yaitu nilai rata-ratanya sebesar 0.09138. Kemiripan data dapat dilihat pada plot histogram *separability* antara kelas asap dan awan untuk band 5,7,1 yang dapat dilihat pada Gambar 5. Hal ini dapat terjadi karena karakteristik visual kelas asap dan kelas awan sangat mirip.



Gambar 5 Histogram *separability* pasangan kelas asap dan awan (a) Band 5, (b) Band 7, (c) Band 1



Pembagian Data

Sebelum dilakukan klasifikasi, data sampel yang telah diberi label dibagi menjadi data latih dan data uji menggunakan *K-fold cross validation*. Proses pembagian data menggunakan *package caret*. Penelitian ini menggunakan $K=10$ yang artinya data dibagi menjadi 10 kelompok/*fold* dengan masing-masing kelompok terbagi menjadi 1/10 data uji dan 9/10 data latih. Jumlah data sampel adalah 5 946 659 piksel dataset, sehingga diambil 594 666 atau 594 667 piksel sebagai data uji dan 5 351 993 atau 5 351 992 piksel sebagai data latih. Proses *K-fold cross validation* akan melakukan pengulangan percobaan sebanyak 10 kali, sehingga didapatkan data latih dan data uji yang berbeda setiap iterasinya. Distribusi pembagian data latih *fold* ke-5 dapat dilihat pada Tabel 9 dan distribusi data uji *fold* ke-5 dapat dilihat pada Tabel 10. Distribusi seluruh kelompok data dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 9 Distribusi data latih pada *fold* ke-5

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	883 334	15827	8125	12547	47281	24890	40756
Awan	656 118	11444	6251	12092	62909	28151	50790
Badan Air	884 889	0	0	0	21283	11016	20252
Bayangan	220 927	9139	5602	9918	22419	9899	15758
Lahan Terbagun	232 306	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar	654 331	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Terbakar	218 731	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	1 601 357	6961	5878	6740	32691	24634	20723

Tabel 10 Distribusi data uji pada *fold* ke-5

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	98 149	14468	7619	12085	47019	24416	40642
Awan	72 902	11444	6506	12212	56342	27470	46589
Badan Air	98 321	7804	5966	10823	21443	11016	20225
Bayangan	24 547	9927	5627	9927	18615	9879	14872
Lahan Terbagun	25 812	11256	7107	9866	22097	18387	14011
Telah terbakar	72 703	10 140	6 468	9713	22600	15026	18174
Terbakar	24 303	13 005	8 607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	177 929	6 984	5 874	6 726	32 691	25119	19794

Klasifikasi menggunakan Algoritme C5.0

Selah data dibagi menjadi data latih dan data uji, setiap data latih masing-masing kelompok mengalami proses belajar menggunakan algoritme pohon

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

keputusan berbasis C5.0. Hasil model klasifikasi dari algoritme tersebut berupa model berbasis pohon keputusan dan model berbasis aturan. Model berbasis pohon keputusan memiliki banyak aturan yang dapat disederhanakan dan dipangkas sehingga dapat dihasilkan model berbasis aturan yang jumlah aturannya lebih sedikit. Penerapan algoritme C5.0 menggunakan perangkat lunak R dengan package C5.0. Model berbasis pohon keputusan *output* algoritme C5.0 untuk setiap kelompok/*fold* dapat dilihat pada Tabel 11. Jumlah *node* pada Tabel 11 merupakan ukuran dari pohon keputusan yang dihasilkan dari klasifikasi menggunakan algoritme C5.0.

Tabel 11 Model berbasis pohon keputusan

Fold	Jumlah Node	Fold	Jumlah Node
1	14 389	6	14 436
2	14 679	7	14 373
3	14 371	8	14 554
4	14 931	9	146 46
5	14 565	10	14 549

Evaluasi Model Klasifikasi

Pemilihan model dievaluasi dengan melihat beberapa ukuran yaitu akurasi kesesuaian dan koefisien Kappa. Akurasi dan koefisien Kappa dari setiap *fold* model berbasis pohon dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Akurasi model berbasis pohon keputusan

Fold	Koefisien Kappa	Akurasi (%)	Fold	Koefisien Kappa	Akurasi (%)
1	0.9697	97.521	6	0.9701	97.554
2	0.9703	97.564	7	0.9701	97.552
3	0.9704	97.574	8	0.9698	97.527
4	0.9702	97.561	9	0.9701	97.553
5	0.9706	97.589	10	0.9705	97.582

Dari sepuluh *fold* dipilih satu yang memiliki akurasi dan koefisien Kappa paling tinggi untuk dijadikan model. Berdasarkan sepuluh *fold* model pohon keputusan, akurasi dan koefisien Kappa paling tinggi berada di *fold* ke-5 yaitu sebesar 97.589% dan 0.9706. Setelah mengetahui akurasi tertinggi model berbasis pohon keputusan berada pada *fold* ke-5, model berbasis aturan dibentuk menggunakan *fold* tersebut. Hasil akurasi dan koefisien kappa model berbasis pohon adalah 97.51% dan 0.96. Berdasarkan tingkat akurasi dan koefisien Kappa, model pohon keputusan lebih baik dibanding model berbasis aturan, sehingga model berbasis pohon keputusan digunakan sebagai model klasifikasi untuk data uji. Model berbasis pohon keputusan dan model berbasis aturan hasil dari *fold* ke-5 dapat dilihat pada Lampiran 5. Nilai akurasi dan koefisien Kappa model pohon keputusan



1.

dapat dihitung dari *confusion matrix* pada *fold* ke-5 yang dapat dilihat pada Tabel 13. *Confusion matrix* dari masing-masing *fold* dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 13 *Confusion matrix* untuk *classifier* dari *fold* ke-5

Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap	93986	6099	2	0	0	2	0	594
2: Awan	3225	64749	257	4	0	65	0	214
3: Badan Air	0	1401	97952	24	0	3	0	2
4: Bayangan	1	14	87	24440	0	8	0	110
5: Lahan Terbangun	0	0	0	0	25778	197	0	12
6: Telah terbakar	4	79	0	6	7	72228	0	96
7: Terbakar	3	20	3	0	2	40	24303	5
8: Vegetasi	930	540	20	73	25	160	0	176896

Dari *confusion matrix*, dapat dihitung juga akurasi *user* atau kesalahan komisi dan akurasi produksi atau kesalahan omisi. Akurasi *user* menunjukkan seberapa baik suatu pikel yang telah diklasifikasi dan akurasi produksi menunjukkan seberapa baik suatu kelas telah dapat diklasifikasikan. Nilai akurasi *user* dan produksi pada *confusion matrix* dari *fold* ke-5 dapat dilihat pada Tabel 14. Nilai akurasi *user* dan produksi pada seluruh *confusion matrix* dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 14 Akurasi *user* dan produksi setiap kelas dari *fold* ke-5

Kelas	Akurasi produksi (%)	Akurasi <i>User</i> (%)
Asap	95.76	93.35
Awan	88.82	94.50
Badan Air	99.62	98.56
Bayangan	99.56	99.11
Lahan Terbangun	99.87	99.20
Telah Terbakar	99.35	99.73
Terbakar	100	99.70
Vegetasi	99.42	99.02
Rata-rata	97.80	97.90

Tabel 14 menunjukkan kelas asap memiliki akurasi produksi 95.76% artinya area asap pada citra memiliki peluang 97.58% diklasifikasikan sebagai kelas asap dan akurasi *user* menunjukkan peluang hasil klasifikasi label asap sesuai dengan data aktualnya sebesar 93.35%. Rata-rata akurasi produksi dari seluruh kelas adalah 97.80% dan rata-rata akurasi *user*-nya adalah 97.90%, sehingga dapat dikatakan kelas telah di modelkan dengan baik.

Akurasi terbaik dari model klasifikasi menghasilkan 5946 aturan yang didapatkan dari model berbasis aturan pada *fold* ke-5, untuk melihat karakteristik aturan secara umum dipilih 16 aturan. Aturan yang dipilih berdasarkan akurasi tertinggi pada setiap kelas dan memiliki jumlah data latih terbanyak yang tergolong kedalam aturan tersebut pada setiap kelasnya. Berikut 16 aturan yang dipilih:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

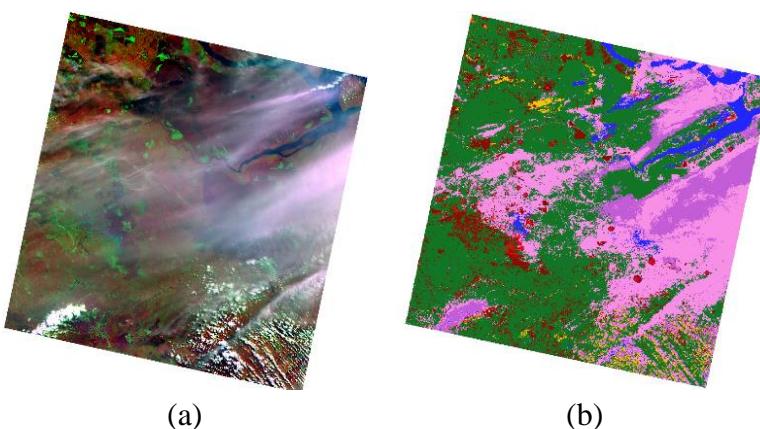
R1	JIKA 27083 > Band5 <= 27673 DAN 12537 > Band7 <= 12996 DAN 24601 > Band1 <= 24903 MAKA Asap (36373/12, lift 6.1) [1.000]
R2	JIKA 27057 > Band5 <= 27379 DAN 12537 > Band7 <= 12843 DAN 24411 > Band1 <= 25377 MAKA Asap (55365/32, lift 6.1) [0.999]
R3	JIKA 18308 > Band5 <= 19085 DAN 9205 > Band7 <= 9653 DAN 14878 > Band1 <= 15604 MAKA Awan (3190, lift 8.2) [1.000]
R4	JIKA Band5 > 24764 DAN Band7 <= 12590 DAN 18162 > Band1 <= 22481 MAKA Awan (24498/30, lift 8.1) [0.999]
R5	JIKA Band5 <= 19085 DAN 8765 > Band7 <= 9421 DAN 16346 > Band1 <= 16939 MAKA Badan Air (55649/22, lift 6.0) [1.000]
R6	JIKA Band5 <= 19624 DAN 9150 > Band7 <= 9827 DAN 16939 > Band1 <= 18162 MAKA Badan Air (176823/427, lift 6.0) [0.998]
R7	JIKA 15015 > Band5 <= 16271 DAN Band7 <= 6912 DAN 11326 > Band1 <= 12418 MAKA Bayangan (2340, lift 24.2) [1.000]
R8	JIKA 11873 > Band5 <= 14243 DAN Band7 <= 7082 DAN 10389 > Band1 <= 12496 MAKA Bayangan (105045/199, lift 24.2) [0.998]
R9	JIKA Band5 > 17773 DAN 12099 > Band7 <= 14136 DAN 12108 > Band1 <= 12284 MAKA Lahan Terbangun (7761, lift 23.0) [1.000]
R10	JIKA 17963 > Band5 <= 19123 DAN Band7 > 13231 DAN Band1 <= 12642 MAKA Lahan Terbangun (20999/35, lift 23.0) [0.998]
R11	JIKA Band5 <= 13208 DAN 9121 > Band7 <= 10088 DAN Band1 <= 11630 MAKA Telah Terbakar (8354, lift 8.2) [1.000]
R12	JIKA Band5 <= 15441 DAN 8447 > Band7 <= 10088 DAN 10292 > Band1 <= 11426 MAKA Telah Terbakar (23252/18, lift 8.2) [0.999]
R13	JIKA Band5 <= 14623 DAN 10698 > Band7 <= 14136 DAN Band1 > 12130 MAKA Terbakar (2909, lift 24.5) [1.000]
R14	JIKA Band5 <= 19874 DAN Band7 > 12820 DAN Band1 > 13186 MAKA Terbakar (49695/45, lift 24.4) [0.999]
R15	JIKA Band5 > 20868 DAN 9692 > Band7 <= 9752 DAN Band1 <= 18162 MAKA Vegetasi (5824/1, lift 3.3) [1.000]
R16	JIKA Band5 > 20255 DAN Band7 <= 10088 DAN Band1 <= 15869 MAKA Vegetasi (572088/419, lift 3.3) [0.999]

Aturan dari klasifikasi menghasilkan karakteristik untuk setiap kelas berdasarkan *band* yang digunakan, yaitu *Band 5*, *Band 7*, dan *Band 1*. Setiap aturan memiliki nilai statistik (*n/m*), *lift* dan akurasi. Nilai n adalah jumlah data latih yang tergolong kedalam aturan tersebut dan nilai m adalah jumlah data latih yang salah terprediksi pada aturan tersebut. Nilai *lift* merupakan hasil pembagian dari akurasi aturan dengan frekuensi relatif kelas yang diprediksi pada data latih, nilai akurasi aturan dapat dihitung menggunakan Rasio Laplace pada persamaan 8.

Aturan R1 menyatakan kelas asap memiliki karakteristik nilai *band 5* diantara 27 083 dan 27 673, nilai *band 7* diantara 12 573 dan 12 996, dan nilai *band 1* diantara 24 601 dan 24 903, dengan nilai statistik 36 373 data latih tergolong kedalam aturan R1 namun 12 data salah terprediksi, nilai *lift* sebesar 6.1 dan akurasi sebesar 100%. Aturan R3 menyatakan kelas awan memiliki karakteristik nilai *band*

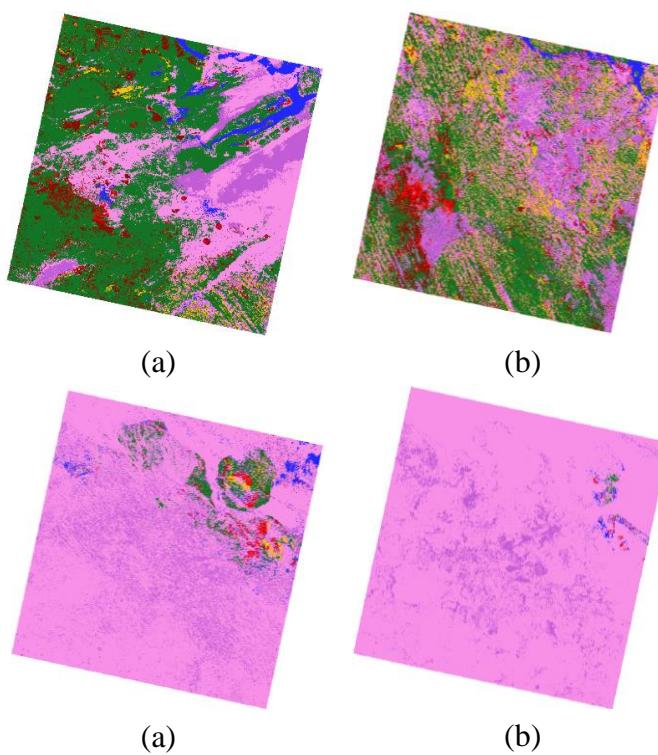
5 diantara 18 308 dan 19 085, nilai *band 7* diantara 9 205 dan 9 653, dan *band 1* diantara 14 878 dan 15 604 dengan nilai statistik 3 190 data latih tergolong kedalam aturan R3, nilai *lift* sebesar 8.2, dan akurasi sebesar 100%. Aturan R5 menyatakan kelas badan air memiliki karakteristik nilai *band 5* kurang dari sama dengan 19 085, nilai *band 7* diantara 8 765 dan 9 421, dan nilai *band 1* diantara 16 346 dan 16 939 dengan nilai statistik 55 649 data latih tergolong kedalam aturan R5 namun 22 data salah terprediksi, nilai *lift* sebesar 6.0 dan akurasi sebesar 100%. Aturan R7 menyatakan kelas bayangan memiliki karakteristik nilai *band 5* diantara 15 015 dan 16 271, nilai *band 7* kurang dari sama dengan 6 912, dan nilai *band 1* diantara 11 326 dan 12 418 dengan nilai statistik 2 340 data latih tergolong kedalam aturan R7, nilai *lift* sebesar 24.2 dan akurasi sebesar 100%. Aturan R9 menyatakan kelas lahan terbakar memiliki karakteristik nilai *band 5* lebih dari 17 773, nilai *band 7* diantara 099 dan 14 136 dan nilai *band 1* diantara 12 108 dan 12 284 dengan nilai statistik 7761 data latih tergolong kedalam aturan R9, nilai *lift* sebesar 23.0 dan akurasi sebesar 100%. Aturan R11 menyatakan kelas telah terbakar memiliki karakteristik nilai *band 5* kurang dari sama dengan 13 208, nilai *band 7* diantara 9 121 dan 10 088 dan nilai *band 1* kurang dari sama dengan 11 630 dengan nilai statistik 354 data latih tergolong kedalam aturan R11, nilai *lift* sebesar 8.2 dan akurasi sebesar 100%. Aturan R13 menyatakan kelas terbakar memiliki karakteristik nilai *band 5* kurang dari sama dengan 14 623, nilai *band 7* diantara 10 698 dan 14 136 dan nilai *band 1* lebih dari 12 130 dengan nilai statistik 2 909 data latih tergolong kedalam aturan R13, nilai *lift* sebesar 24.5 dan akurasi sebesar 100%. Aturan R15 menyatakan kelas vegetasi memiliki karakteristik nilai *band 5* lebih dari 20 868, nilai *band 7* diantara 9 692 dan 9 752 dan nilai *band 1* kurang dari sama dengan 18 162 dengan nilai statistik 5 824 data latih tergolong kedalam aturan R15 namun 1 data salah terprediksi, nilai *lift* sebesar 3.3 dan akurasi sebesar 100%.

Model klasifikasi digunakan untuk mengolah data citra yang digunakan untuk verifikasi trajectory polutan kabut asap diklasifikasi menggunakan model tersebut. Data citra yang sudah terklasifikasi memiliki bentuk tabel sehingga perlu diubah menjadi citra menggunakan package raster pada R. Hasil citra klasifikasi pada Gambar 6. Hasil klasifikasi seluruh citra yang digunakan untuk verifikasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6 Proses klasifikasi (a) sebelum klasifikasi (b) sesudah klasifikasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 7 Citra hasil klasifikasi (a) 10 Juli 2015, (b) 26 Juli 2015, (c) 3 September 2015 (d) 21 Oktober 2015

Dari hasil klasifikasi dengan menggunakan model berbasis pohon keputusan akurasi model 97.78% diketahui jumlah piksel setiap kelas. Oleh karena itu, diketahui luas area setiap kelas. Setiap piksel berukuran $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$, sehingga 1 piksel memiliki luas 900 m^2 . Luasan dari masing-masing area ditentukan dengan persamaan 9 (Khaira *et al.* 2016).

$$\text{Luas} = \text{jumlah piksel} \times \text{resolusi spasial} \quad (9)$$

Hasil luas area untuk citra tanggal 10 Juli 2015 yang digunakan untuk verifikasi hasil simulasi *trajectory* polutan pada periode 1 yaitu tanggal 9 Juli -10 Juli 2015 dapat dilihat pada Tabel 15. Luas area yang terkena dampak polutan kabut asap dapat dihitung dari penjumlahan estimasi luas kelas asap dan awan yaitu $13\,826\,343.6 \text{ km}^2$.

Tabel 15 Luas area hasil klasifikasi pada citra 10 Juli 2015

Kelas	Jumlah Piksel	Luas (km^2)	Persentase Luas (%)
Asap	3 705 465	3 334 918.5	8.9191
Awan	11 657 139	10 491 425.1	28.0588
Gadang Air	1 648 473	1 483 625.7	3.9679
Kayangan	849 300	764 370	2.0443
Lahan Terbangun	67 938	61 144.2	0.1635
Telah Terbakar	2 908 444	2617 599.6	7.0006
Terbakar	419 225	377 302.5	1.0091
Vegetasi	20 289 441	18 260 496.9	48.8368

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 16 Luas area hasil klasifikasi pada citra 26 Juli 2015

Kelas	Jumlah Piksel	Luas (km ²)	Persentase Luas (%)
Asap	8 457 558	7 611 802.2	20.3599
Awan	7 051 689	6 346 520.1	16.9756
Badan Air	12 52 078	1 126 870.2	3.0141
Bayangan	6 065 101	5 458 590.9	14.6006
Lahan Terbangun	280 071	252 063.9	0.6742
Telah Terbakar	3 218 349	2 896 514.1	7.7476
Terbakar	1 238 995	1 115 095.5	2.9826
Vegetasi	13 976 346	12 578 711.4	33.6454

Hasil luas area untuk citra tanggal 3 September 2015 yang digunakan untuk verifikasi hasil simulasi *trajectory* polutan pada periode 4 yaitu tanggal 30 Agustus - 1 September 2015 dan periode 5 yaitu tanggal 1 September – 2 September 2015 dapat dilihat pada Tabel 17. Luas area yang terkena dampak polutan kabut asap adalah 34 322 794.2 km².

Tabel 17 Luas area hasil klasifikasi pada citra 3 September 2015

Kelas	Jumlah Piksel	Luas (km ²)	Persentase Luas (%)
Asap	6 552 186	5 896 967.4	15.7895
Awan	31 584 252	28 425 826.8	76.1121
Badan Air	897 183	807 464.7	2.1620
Bayangan	268 255	241 429.5	0.6464
Lahan Terbangun	1 456	1 310.4	0.0035
Telah Terbakar	131 943	11 8748.7	0.3180
Terbakar	560 347	50 4312.3	1.3503
Vegetasi	1 501 390	1 351 251	3.6181

Hasil luas area untuk citra tanggal 21 Oktober 2015 yang digunakan untuk verifikasi hasil simulasi *trajectory* polutan pada periode 6 yaitu tanggal 21 Oktober - 22 Oktober 2015 dapat dilihat pada Tabel 18. Luas area yang terkena dampak polutan kabut asap adalah 37 096 835.4 km².

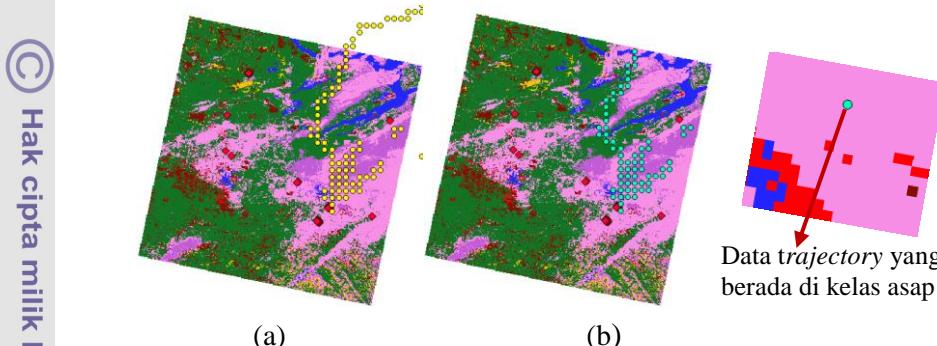
Tabel 18 Luas area hasil klasifikasi pada citra 21 Oktober 2015

Kelas	Jumlah Piksel	Luas (km ²)	Persentase Luas (%)
Asap	4 247 156	3 822 440.4	10.2343
Awan	3 6971 550	3 327 4395	89.0893
Badan	164 593	148 133.7	0.3966
Telah Terbakar	23	20.7	0.0001
Terbakar	50 563	45 506.7	0.1218
Vegetasi	65 535	58 981.5	0.1579

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Verifikasi *Trajectory* Polutan dari Kabut Asap

Tahap pertama dalam melakukan verifikasi adalah tumpang tindih citra hasil klasifikasi dengan data *trajectory* polutan kabut asap dan data titik panas. Gambar 8 merupakan hasil tumpang tindih data *trajectory* polutan kabut asap pada tanggal 9 Juli – 10 Juli 2015 yaitu periode 1 dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 10 juli 2015. Setelah citra dan data *trajectory* polutan saling tumpang tindih, data *trajectory* polutan yang berada di luar area studi dihapus karena hanya data *trajectory* polutan yang berada di dalam area studi yang dapat diverifikasi.



Gambar 8 Hasil tumpang tindih data *trajectory* polutan dan citra hasil klasifikasi
(a) sebelum diseleksi (b) sesudah diseleksi

Data *trajectory* polutan tidak selalu tepat berada pada kelas asap sehingga untuk mengetahui kelas pada citra data *trajectory* polutan berada dilakukan tahap *intersect*. Tahap *intersect* bertujuan untuk mengambil nilai kelas data citra dimana data *trajectory* tumpang tindih. Hasil *intersect* dapat diilah pada atribut Kelas pada citra dalam Tabel 19, dengan mengetahui kelas data *trajectory* polutan dapat diketahui banyak data *trajectory* polutan dalam suatu kelas sehingga jumlah tingkat polutan setiap kelas dapat diketahui.

Tabel 19 Hasil *intersect* data *trajectory* polutan kabut asap dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 9 Juli 2015 jam ke-3

Hari	Jam	Latitude	Longitude	CO2 (kg/m ³)	CO (kg/m ³)	Kelas/Nilai pada citra
9	3	-0.27	102.6	1.50x10 ⁻⁷	0	Awan
9	3	0.37	102.65	5.70x10 ⁻⁶	8.20x10 ⁻⁷	Awan
9	3	-0.27	102.65	5.3x10 ⁻⁶	5.00x10 ⁻⁷	Awan

Jumlah data *trajectory* polutan dan tingkat polutan CO dan CO₂ dalam suatu kelas dapat diketahui menggunakan aplikasi R, dengan mengetahui banyak data *trajectory* polutan dapat dihitung persentase kemunculan polutan di setiap kelasnya dengan menggunakan persamaan 10.

$$\text{Persentase anggota kelas} = \frac{\text{Jumlah anggota kelas}}{\text{Jumlah seluruh anggota}} \times 100\% \quad (10)$$

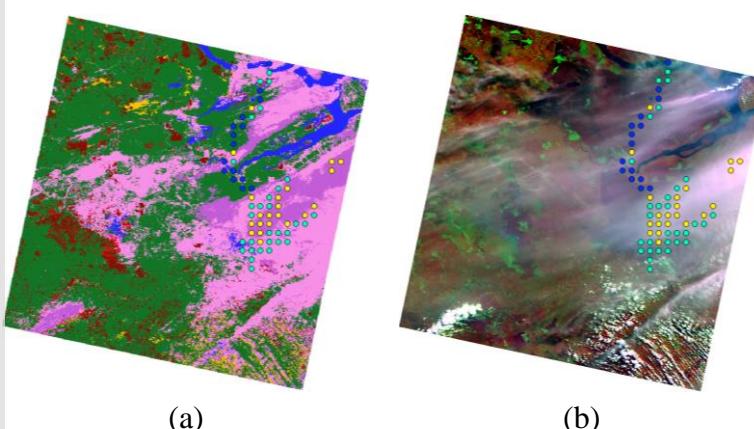
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Verifikasi pada periode 1 dimana data *trajectory* terjadi pada tanggal 9 Juli – 10 Juli 2015 ditumpang tindih dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 10 Juli 2015. Hasil tahapan verifikasi data *trajectory* polutan kabut asap pada periode 1 dapat dilihat pada Tabel 20 dan Gambar 9.

Tabel 20 Hasil verifikasi periode 1 (9 Juli – 10 Juli 2015)

Kelas	Jumlah anggota	Persentase (%)	Total CO (kg/m^3)	Rata-rata CO (kg/m^3)	Total CO ₂ (kg/m^3)	Rata-rata CO ₂ (kg/m^3)
Awan	37	45.12	1.12×10^{-5}	3.03×10^{-7}	5.15×10^{-5}	1.39×10^{-6}
Asap	29	35.37	3.34×10^{-6}	6.20×10^{-8}	1.07×10^{-5}	3.68×10^{-7}
Vegetasi	13	15.85	1.15×10^{-6}	8.85×10^{-8}	0	0
Badan Air	3	3.66	3.90×10^{-7}	1.30×10^{-7}	0	0
Bayangan	0	0.00	0	0	0	0
Lahan Terbangun	0	0.00	0	0	0	0
Telah Terbakar	0	0.00	0	0	0	0
Terbakar	0	0.00	0	0	0	0

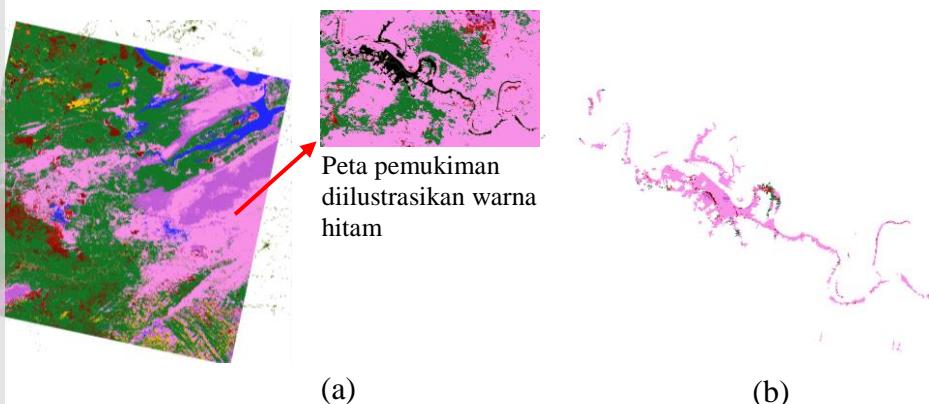
Dari Tabel 20 dapat dilihat bahwa persentase data *trajectory* polutan pada kelas asap sebesar 35.57% dan kelas awan sebesar 45.12%. Diketahui bahwa tingkat kemiripan kelas asap dan kelas awan sangatlah tinggi, sehingga kedua kelas tersebut mengandung polutan. Total persentase data *trajectory* polutan pada periode 1 yang sesuai dengan keadaan aktual sebesar 80.49%. Tingkat polutan CO dan CO₂ tergolong tinggi berada pada kelas awan yaitu sebesar $1.12 \times 10^{-5} \text{ kg}/\text{m}^3$ dan $5.15 \times 10^{-5} \text{ kg}/\text{m}^3$ dengan 37 anggota. Kelas asap berada diurutan kedua dengan total CO dan CO₂ sebesar $3.34 \times 10^{-6} \text{ kg}/\text{m}^3$ dan $1.07 \times 10^{-5} \text{ kg}/\text{m}^3$ dengan 29 anggota. Verifikasi juga dapat dilakukan melalui analisis visual pada Gambar 9. Citra kombinasi band 5,7,1 asap memiliki bentuk visual bewarna merah muda, sehingga dapat dilihat pada Gambar 9 bahwa data *trajectory* kelas awan (hijau) dan kelas asap (kuning) tumpang tindih pada area yang berasap.



Gambar 9 Hasil tumpang tindih data *trajectory* periode 1 dengan citra 10 Juli 2015, (a) citra hasil klasifikasi, (b) Citra kombinasi Band 571

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang © Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Dari Tabel 20 dapat dilihat juga bahwa terdapat kelas yang memiliki persentase data *trajectory* polutan 0%, yaitu, kelas bayangan, kelas lahan terbangun, kelas telah terbakar dan kelas terbakar. Hal tersebut tidak memiliki arti bahwa kelas-kelas ini tidak terkena dampak polutan karena terdapat kemungkinan pada citra tanggal 10 Juli 2015 kelas tersebut tertutup oleh asap atau awan sehingga citra terklasifikasi menjadi kelas asap atau awan. Hal ini dapat dibuktikan melalui kelas lahan terbangun, dimana digunakan peta pemukiman Provinsi Riau dan citra hasil klasifikasi pada tanggal 10 Juli 2015. Untuk mengetahui seberapa besar daerah pemukiman (lahan terbangun) yang tertutup oleh asap atau awan dilakukan proses tumpang tindih dan *clipping*. Tumpang tindih dilakukan untuk mengetahui daerah pemukiman pada citra klasifikasi tanggal 10 Juli 2015 dan proses *clipping* dilakukan untuk mengambil bagian lahan pemukiman saja. Hasil tahapan tumpang tindih dan *clipping* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Hasil tahapan penentuan daerah pemukiman pada citra 10 Juli 2015 (a) Hasil tumpang tindih peta pemukiman dengan citra klasifikasi (b) Sebagian citra klasifikasi hasil *clipping*

Dari hasil *clipping* peta pemukiman pada citra hasil klasifikasi pada tanggal 10 Juli 2015 dapat diketahui seberapa besar daerah pemukiman yang tertutupi asap dan awan. Luas daerah tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 9 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 21. Dari Tabel 21 diketahui 30.8673% daerah pemukiman atau lahan terbangun pada citra tanggal 10 Juli 2015 tertutupi oleh asap dan awan sehingga data *trajectory* polutan yang tumpang tindih pada kelas lahan terbangun sedikit atau bahkan tidak ada.

Tabel 21 Luas area klasifikasi lahan terbangun pada citra 10 Juli 2015

Kelas	Jumlah Piksel	Luas (km ²)	Persentase Luas (%)
Asap	6 899	6 209.1	2.9612
Awan	65 016	58 514.4	27.9061
Ridian Air	930	837	0.3992
Bayangan	3 407	3 066.3	1.4624
Lahan Terbangun	966	869.4	0.4146
Telah Terbakar	58 162	52 345.8	24.9643
Terbakar	8 441	7 596.9	3.6230
Vegetasasi	89 160	80 244.0	38.2692

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

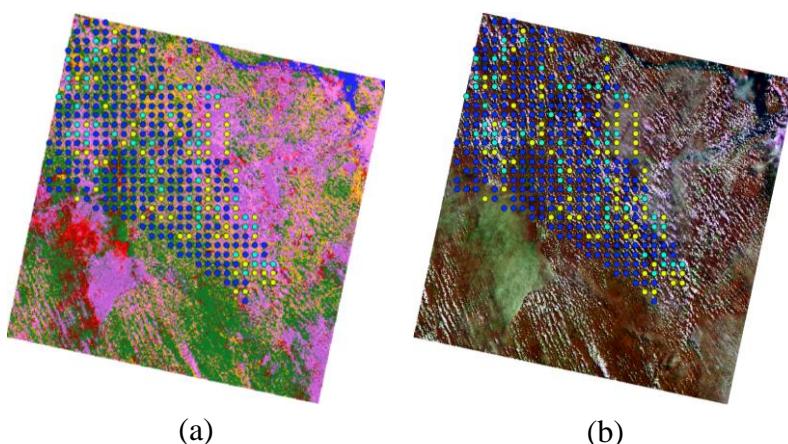
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
- C Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Verifikasi pada periode 2 dimana data *trajectory* terjadi pada tanggal 22 Juli – 23 Juli 2015 ditumpang tindih dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 26 Juli 2015. Hasil tahapan verifikasi data *trajectory* polutan kabut asap pada periode 2 dapat dilihat pada Tabel 22 dan Gambar 11.

Tabel 22 Hasil verifikasi periode 2 (22 Juli – 23 Juli 2015)

Kelas	Jumlah anggota	Persentase (%)	Total CO (kg/m ³)	Rata-rata CO (kg/m ³)	Total CO ₂ (kg/m ³)	Rata-rata CO ₂ (kg/m ³)
Asap	127	16.58	7.20x10 ⁻⁵	5.67x10 ⁻⁷	5.67x10 ⁻⁴	4.47x10 ⁻⁶
Vegetasi	281	36.68	5.67x10 ⁻⁵	2.02x10 ⁻⁷	4.47x10 ⁻⁴	1.59x10 ⁻⁶
Bayangan	155	20.23	4.41x10 ⁻⁵	2.84x10 ⁻⁷	3.84x10 ⁻⁴	2.48x10 ⁻⁶
Awan	108	14.10	3.68x10 ⁻⁵	3.41x10 ⁻⁷	2.99x10 ⁻⁴	2.77x10 ⁻⁶
Telah Terbakar	49	6.40	2.01x10 ⁻⁵	4.10x10 ⁻⁷	1.47x10 ⁻⁴	3.00x10 ⁻⁶
Badan Air	29	3.79	6.02x10 ⁻⁶	2.08x10 ⁻⁷	5.15x10 ⁻⁵	1.78x10 ⁻⁶
Terbakar	17	2.22	5.34x10 ⁻⁶	3.14x10 ⁻⁷	3.45x10 ⁻⁶	2.03x10 ⁻⁶
Lahan Terbangun	0	0.00	0	0	0	0

Dari Tabel 22 dapat dilihat bahwa persentase data *trajectory* polutan pada kelas asap sebesar 16.58% dan kelas awan sebesar 14.10%, sehingga total persentase data *trajectory* polutan pada periode 2 yang sesuai dengan keadaan aktual sebesar 30.68%. Tingkat polutan CO dan CO₂ paling tinggi berada pada kelas asap yaitu sebesar 1.12x10⁻⁵ kg/m³ dan 5.67x10⁻⁴ kg/m³ dengan 127 anggota. Kelas awan berada diurutan keempat dengan dengan total CO dan CO₂ sebesar 3.68x10⁻⁵ kg/m³ dan 2.99x10⁻⁴ kg/m³ dengan 108 anggota. Dari Gambar 11 dapat dilihat data *trajectory* kelas awan (hijau) dan kelas asap (kuning) tumpang tindih pada sekitar area yang bewarna merah muda yang menandakan asap.



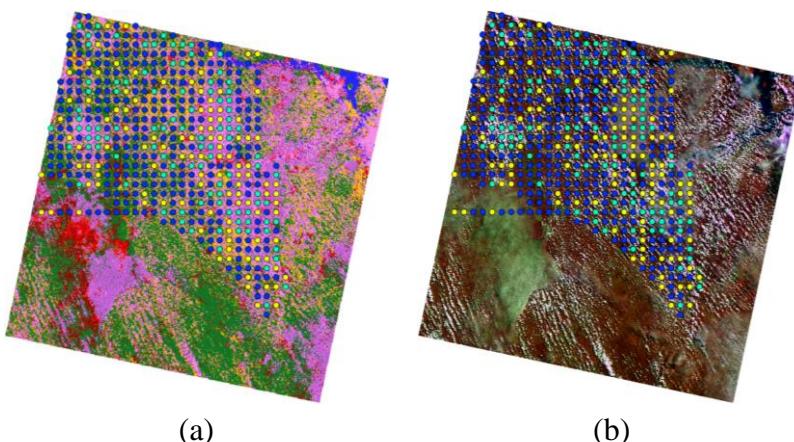
Gambar 11 Hasil tumpang tindih data *trajectory* periode 2 dengan citra 26 Juli 2015, (a) citra hasil klasifikasi, (b) Citra kombinasi Band 571

Verifikasi pada periode 3 dimana data *trajectory* terjadi pada tanggal 26 Juli – 29 Juli 2015 ditumpang tindih dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 26 Juli 2015. Hasil tahapan verifikasi data *trajectory* polutan kabut asap pada periode 3 dapat dilihat pada Tabel 23 dan Gambar 12.

Tabel 23 Hasil verifikasi periode 3 (26 Juli – 29 Juli 2015)

Kelas	Jumlah anggota	Persentase (%)	Total CO (kg/m ³)	Rata-rata CO (kg/m ³)	Total CO ₂ (kg/m ³)	Rata-rata CO ₂ (kg/m ³)
Asap	260	21.24	1.60×10^{-4}	6.16×10^{-7}	1.24×10^{-3}	4.78×10^{-6}
Awan	252	20.59	1.28×10^{-4}	5.09×10^{-7}	1.00×10^{-3}	4.00×10^{-6}
Bawangan	261	21.32	1.26×10^{-4}	4.86×10^{-7}	9.89×10^{-4}	3.79×10^{-6}
Vegetasi	340	27.78	1.03×10^{-4}	3.04×10^{-7}	8.2×10^{-4}	2.43×10^{-6}
Bulan Air	25	2.04	1.48×10^{-5}	5.93×10^{-7}	1.18×10^{-4}	4.75×10^{-6}
Tebakar	33	2.70	1.35×10^{-5}	4.11×10^{-7}	9.72×10^{-5}	2.95×10^{-6}
Tebakar Terbakar	48	3.92	8.27×10^{-6}	1.72×10^{-7}	6.24×10^{-5}	1.30×10^{-6}
Lahan Terbangun	5	0.41	1.75×10^{-6}	3.50×10^{-7}	1.05×10^{-5}	2.10×10^{-6}

Dari Tabel 23 dapat dilihat bahwa persentase data *trajectory* polutan pada kelas asap sebesar 21.24% dan kelas awan sebesar 20.59%, sehingga total persentase data *trajectory* polutan pada periode 3 yang sesuai dengan keadaan aktual sebesar 41.83%. Tingkat polutan CO dan CO₂ paling tinggi berada pada kelas asap yaitu sebesar 1.60×10^{-4} kg/m³ dan 1.24×10^{-3} kg/m³ dengan 260 anggota. Kelas awan berada diurutan kedua dengan dengan total CO dan CO₂ sebesar 1.28×10^{-4} kg/m³ dan 1.00×10^{-3} kg/m³ dengan 252 anggota. Dari Gambar 12 dapat dilihat data *trajectory* kelas awan (hijau) dan kelas asap (kuning) tumpang tindih pada sekitar area yang bewarna merah muda yang menandakan asap.



Gambar 12 Hasil tumpang tindih data *trajectory* periode 3 dengan citra 26 Juli 2015, (a) citra hasil klasifikasi, (b) Citra kombinasi Band 571

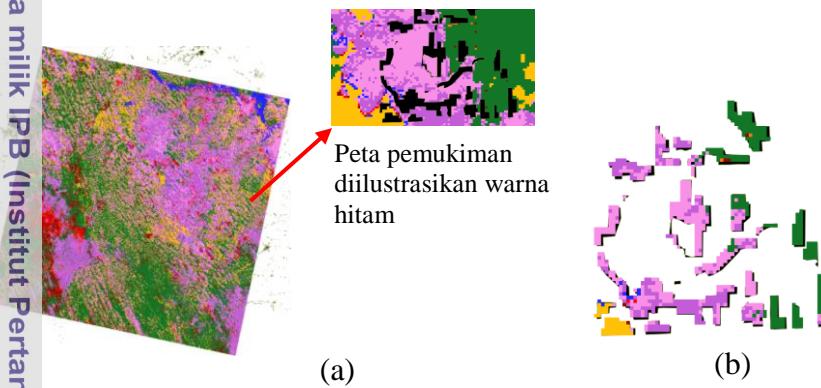
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

13 Hasil tahapan penentuan daerah pemukiman pada citra 26 Juli 2015 (a) Hasil tumpang tindih peta pemukiman dengan citra klasifikasi (b) Sebagian citra klasifikasi hasil *clipping*



Dari hasil *clipping* peta pemukiman pada citra hasil klasifikasi pada tanggal 26 Juli 2015 dapat diketahui seberapa besar daerah pemukiman yang tertutupi asap dan awan. Luas daerah tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 9 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 24. Dari Tabel 24 diketahui 28.8363% daerah pemukiman atau lahan terbangun pada citra tanggal 26 Juli 2015 tertutupi oleh asap dan awan sehingga data *trajectory* polutan yang tumpang tindih pada kelas lahan terbangun sedikit atau bahkan tidak ada.

Tabel 24 Luas area klasifikasi lahan terbangun pada citra 26 Juli 2015

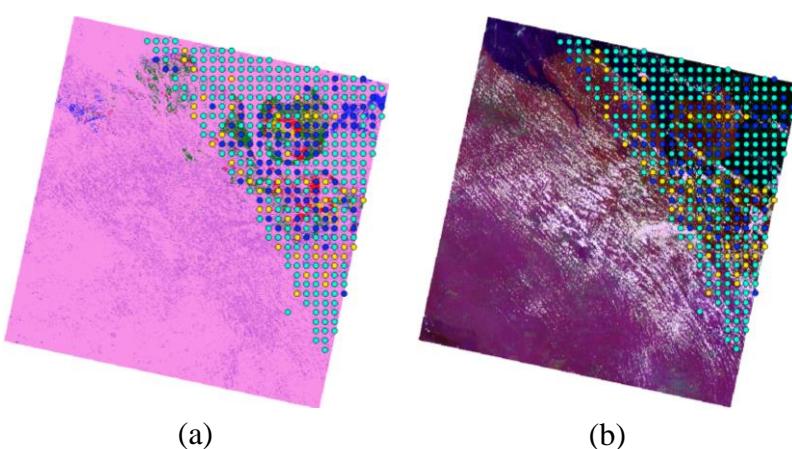
Kelas	Jumlah Piksel	Luas (km ²)	Persentase Luas (%)
Asap	37 753	33 977.7	16.1853
Awan	29 509	26 558.1	12.6510
Badan Air	5 242	4 717.8	2.2473
Bayangan	28 408	25 567.2	12.1789
Lahan Terbangun	7 652	6 886.8	3.2805
Telah Terbakar	47 216	42 494.4	20.2422
Terbakar	14 115	12 703.5	6.0513
Vegetasi	63 360	57 024.0	27.1634

Verifikasi pada periode 4 dimana data *trajectory* terjadi pada tanggal 30 Agustus – 1 September 2015 ditumpang tindih dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 3 September 2015. Hasil tahapan verifikasi data *trajectory* polutan kabut asap pada periode 4 dapat dilihat pada Tabel 25 dan Gambar 14.

Tabel 25 Hasil verifikasi periode 4 (30 Agustus – 1 September 2015)

Kelas	Jumlah anggota	Persentase (%)	Total CO (kg/m ³)	Rata-rata CO (kg/m ³)	Total CO ₂ (kg/m ³)	Rata-rata CO ₂ (kg/m ³)
Awan	612	60.12	2.76×10^{-5}	4.51×10^{-8}	2.57×10^{-4}	4.21×10^{-7}
Asap	130	12.77	6.20×10^{-6}	4.77×10^{-8}	6.27×10^{-5}	4.83×10^{-7}
Bahan Air	83	8.15	4.68×10^{-6}	5.64×10^{-8}	3.18×10^{-5}	3.83×10^{-7}
Vegetasi	89	8.74	3.48×10^{-6}	3.90×10^{-8}	3.33×10^{-5}	3.74×10^{-7}
Batangan	48	4.72	2.97×10^{-6}	6.18×10^{-8}	3.00×10^{-5}	6.25×10^{-7}
Terbakar	46	4.52	2.16×10^{-6}	4.6×10^{-8}	2.00×10^{-5}	4.35×10^{-7}
Tebak Terbakar	10	0.98	5.58×10^{-7}	5.58×10^{-8}	4.38×10^{-6}	4.38×10^{-7}
Lahan Terbangun	0	0.00	0	0	0	0

Dari Tabel 25 dapat dilihat bahwa persentase data *trajectory* polutan pada kelas awan sebesar 60.12% dan kelas asap sebesar 12.77%, sehingga total persentase data *trajectory* polutan pada periode 4 yang sesuai dengan keadaan aktual sebesar 72.89%. Tingkat polutan CO dan CO₂ paling tinggi berada pada kelas awan yaitu sebesar 2.76×10^{-5} kg/m³ dan 2.57×10^{-4} kg/m³ dengan 612 anggota. Kelas asap berada diurutan kedua dengan dengan total CO dan CO₂ sebesar 6.20×10^{-6} kg/m³ dan 6.27×10^{-5} kg/m³ dengan 130 anggota. Dari Gambar 14 dapat dilihat data *trajectory* kelas awan (hijau) dan kelas asap (kuning) tumpang tindih pada sekitar area yang bewarna muda yang menandakan asap.



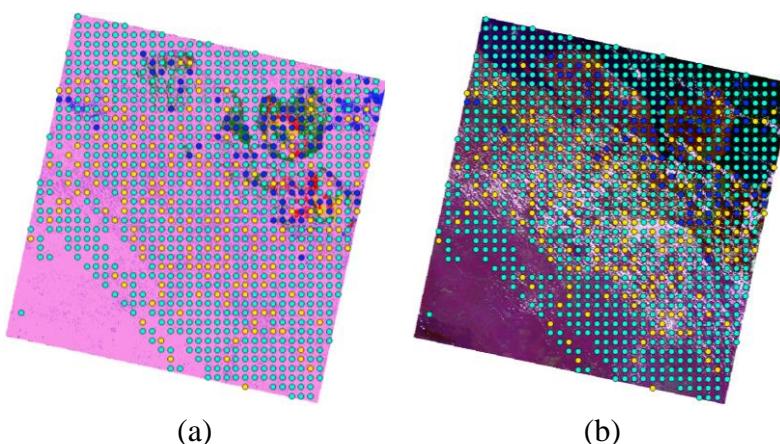
Gambar 14 Hasil tumpang tindih data *trajectory* periode 4 dengan citra 3 September 2015, (a) citra hasil klasifikasi, (b) Citra kombinasi Band 571

Verifikasi pada periode 5 dimana data *trajectory* terjadi pada tanggal 1 September – 2 September 2015 ditumpang tindih dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 3 September 2015. Hasil tahapan verifikasi data *trajectory* polutan kabut asap pada periode 5 dapat dilihat pada Tabel 26 dan Gambar 15.

Tabel 26 Hasil verifikasi periode 5 (1 September – 2 September 2015)

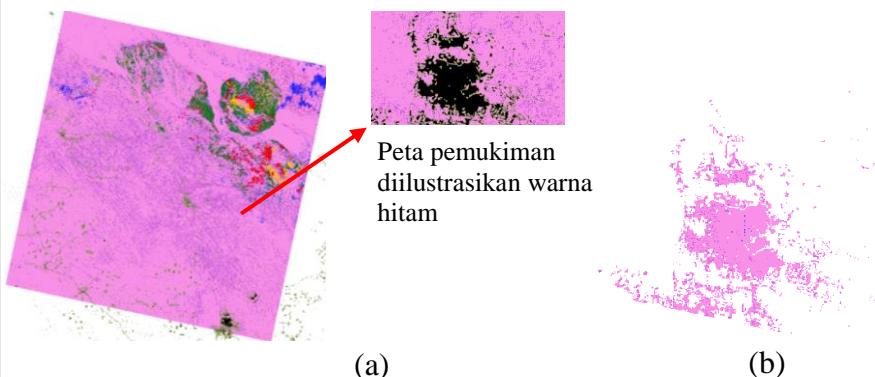
Kelas	Jumlah anggota	Persentase (%)	Total CO (kg/m^3)	Rata-rata CO (kg/m^3)	Total CO_2 (kg/m^3)	Rata-rata CO_2 (kg/m^3)
Awan	2327	72.70	1.45×10^{-4}	6.24×10^{-8}	1.15×10^{-3}	4.98×10^{-7}
Asap	578	18.06	3.47×10^{-5}	6.01×10^{-8}	2.85×10^{-4}	4.94×10^{-7}
Vegetasi	146	4.56	5.54×10^{-6}	3.79×10^{-8}	6.83×10^{-5}	4.68×10^{-7}
Badan Air	70	2.19	3.57×10^{-6}	5.10×10^{-8}	3.31×10^{-5}	4.73×10^{-7}
Terbakar	44	1.37	2.06×10^{-6}	4.68×10^{-8}	2.25×10^{-5}	5.11×10^{-7}
Bayangan	23	0.72	8.56×10^{-7}	3.72×10^{-8}	1.16×10^{-5}	5.04×10^{-7}
Telah Terbakar	13	0.41	7.67×10^{-7}	5.90×10^{-8}	7.79×10^{-6}	5.99×10^{-7}
Lahan Tertanam	0	0.00	0	0	0	0

Dari Tabel 26 dapat dilihat bahwa persentase data *trajectory* polutan pada kelas awan sebesar 72.70% dan kelas asap sebesar 18.06%, sehingga total persentase data *trajectory* polutan pada periode 5 yang sesuai dengan keadaan aktual sebesar 90.75%. Tingkat polutan CO dan CO_2 paling tinggi berada pada kelas awan yaitu sebesar 1.45×10^{-4} kg/m^3 dan 1.15×10^{-3} kg/m^3 dengan 2327 anggota. Kelas asap berada diurutan kedua dengan total CO dan CO_2 sebesar 3.47×10^{-5} kg/m^3 dan 2.85×10^{-4} kg/m^3 dengan 578 anggota. Dari Gambar 15 dapat dilihat data *trajectory* kelas awan (hijau) dan kelas asap (kuning) tumpang tindih pada sektor area yang bewarna merah muda yang menandakan asap.



Gambar 15 Hasil tumpang tindih data *trajectory* periode 5 dengan citra 3 September 2015, (a) citra hasil klasifikasi, (b) Citra kombinasi Band 571

Dari Tabel 25 dan 26 dapat dilihat bahwa terdapat kelas yang memiliki persentase data *trajectory* polutan 0% yaitu kelas lahan terbangun. Hal tersebut tidak memiliki arti bahwa kelas lahan terbangun tidak terkena dampak polutan karena terdapat kemungkinan pada citra tanggal 3 September 2015 kelas tersebut tertutup oleh asap atau awan sehingga citra terklasifikasi menjadi kelas asap atau awan. Hal ini dapat dibuktikan dengan menggunakan peta pemukiman Provinsi Riau dan citra hasil klasifikasi pada tanggal 3 September 2015. Untuk mengetahui seberapa besar daerah pemukiman (lahan terbangun) yang tertutupi oleh asap atau awan dilakukan proses tumpang tindih dan *clipping*. Tumpang tindih dilakukan untuk mengetahui daerah pemukiman pada citra klasifikasi tanggal 3 September 2015 dan proses *clipping* dilakukan untuk mengambil bagian lahan pemukiman saja. Hasil tahapan tumpang tindih dan *clipping* dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Hasil tahapan penentuan daerah pemukiman pada citra 3 September 2015 (a) Hasil tumpang tindih peta pemukiman dengan citra klasifikasi (b) Sebagian citra klasifikasi hasil *clipping*

Dari hasil *clipping* peta pemukiman pada citra hasil klasifikasi pada tanggal 3 September 2015 dapat diketahui seberapa besar daerah pemukiman yang tertutupi asap dan awan. Luas daerah tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 9 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 27. Dari Tabel 27 diketahui 96.4186% daerah pemukiman atau lahan terbangun pada citra tanggal 3 September 2015 tertutupi oleh asap dan awan sehingga data *trajectory* polutan yang tumpang tindih pada kelas lahan terbangun sedikit atau bahkan tidak ada.

Tabel 27 Luas area klasifikasi lahan terbangun pada citra 3 September 2015

Kelas	Jumlah Piksel	Luas (km ²)	Percentase Luas (%)
Asap	600 419	54 377.1	19.6372
Awan	236 239	212 615.1	76.7815
Badan Air	1 478	1 330.2	0.4804
Bayangan	675	607.5	0.2194
Lahan Terbangun	34	30.6	0.0111
Lahan Terbakar	726	653.4	0.2360
Purbakar	1 486	1 337.4	0.4830
Vegetasi	6 620	57 024.0	27.1634

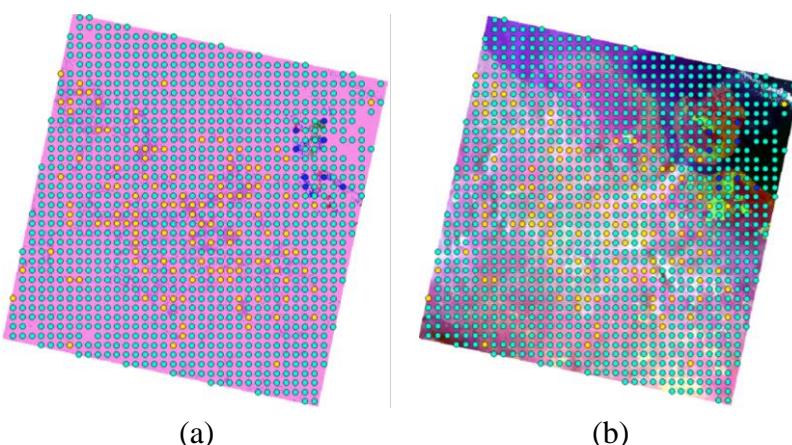
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Verifikasi pada periode 6 dimana data *trajectory* terjadi pada tanggal 21 Oktober – 22 Oktober 2015 ditumpang tindih dengan citra hasil klasifikasi pada tanggal 21 Oktober 2015. Hasil tahapan verifikasi data *trajectory* polutan kabut asap pada periode 6 dapat dilihat pada Tabel 28 dan Gambar 17.

Tabel 28 Hasil verifikasi periode 6 (21 Oktober – 22 Oktober 2015)

Kelas	Jumlah anggota	Persentase (%)	Total CO (kg/m^3)	Rata-rata CO (kg/m^3)	Total CO ₂ (kg/m^3)	Rata-rata CO ₂ (kg/m^3)
Awan	2967	87.81	1.79×10^{-4}	6.04×10^{-8}	1.54×10^{-3}	5.20×10^{-7}
Asap	392	11.60	2.73×10^{-5}	6.98×10^{-8}	1.97×10^{-4}	5.03×10^{-7}
Badan Ains	7	0.21	1.72×10^{-7}	2.46×10^{-8}	1.96×10^{-6}	2.80×10^{-7}
Terbakar	11	0.33	1.72×10^{-7}	1.56×10^{-8}	5.28×10^{-6}	4.80×10^{-7}
Vegetasi	2	0.06	1.09×10^{-7}	5.45×10^{-8}	0	0
Bayangan	0	0.00	0	0	0	0
Lahan Terikangun	0	0.00	0	0	0	0
Telah Terikar	0	0.00	0	0	0	0

Dari Tabel 28 dapat dilihat bahwa persentase data *trajectory* polutan pada kelas awan sebesar 87.81% dan kelas asap sebesar 11.60%, sehingga total persentase data *trajectory* polutan pada periode 6 yang sesuai dengan keadaan aktual sebesar 99.41%. Tingkat polutan CO dan CO₂ paling tinggi berada pada kelas awan yaitu sebesar 1.79×10^{-4} kg/m³ dan 1.54×10^{-3} kg/m³ dengan 2967 anggota. Kelas asap berada diurutan kedua dengan total CO dan CO₂ sebesar 2.73×10^{-5} kg/m³ dan 1.97×10^{-4} kg/m³ dengan 392 anggota. Dari Gambar 17 dapat dilihat data *trajectory* kelas awan (hijau) dan kelas asap (kuning) tumpang tindih pada sekitar area yang bewarna merah muda yang menandakan asap.

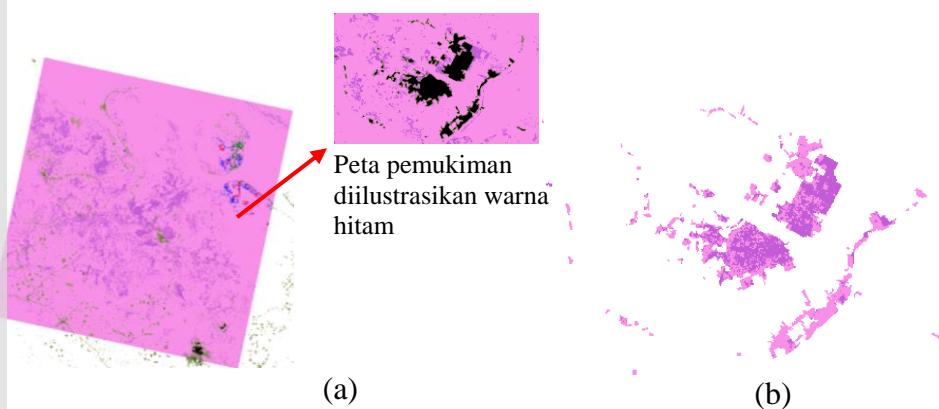


Gambar 17 Hasil tumpang tindih data *trajectory* periode 6 dengan citra 21 Oktober 2015, (a) citra hasil klasifikasi, (b) Citra kombinasi Band 571

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Dari Tabel 28 dapat dilihat juga bahwa terdapat kelas yang memiliki persentase data *trajectory* polutan 0%, yaitu, kelas bayangan, kelas lahan terbangun, kelas telah terbakar dan kelas terbakar. Hal tersebut tidak memiliki arti bahwa kelas-kelas ini tidak terkena dampak polutan karena terdapat kemungkinan pada citra tanggal 21 Oktober 2015 kelas tersebut tertutup oleh asap atau awan sehingga citra terklasifikasi menjadi kelas asap atau awan. Hal ini dapat dibuktikan melalui kelas lahan terbangun, dimana digunakan peta pemukiman Provinsi Riau dan citra hasil klasifikasi pada tanggal 21 Oktober 2015. Untuk mengetahui seberapa besar daerah pemukiman (lahan terbangun) yang tertutupi oleh asap atau awan dilakukan proses tumpang tindih dan *clipping*. Tumpang tindih dilakukan untuk mengetahui daerah pemukiman pada citra klasifikasi tanggal 21 Oktober 2015 dan proses *clipping* dilakukan untuk mengambil bagian lahan pemukiman saja. Hasil tahapan tumpang tindih dan *clipping* dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Hasil tahapan penentuan daerah pemukiman pada citra 21 Oktober 2015 (a) Hasil tumpang tindih peta pemukiman dengan citra klasifikasi (b) Sebagian citra klasifikasi hasil *clipping*

Dari hasil *clipping* peta pemukiman pada citra hasil klasifikasi pada tanggal 21 Oktober 2015 dapat diketahui seberapa besar daerah pemukiman yang tertutupi asap dan awan. Luas daerah tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 9 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 29. Dari Tabel 29 diketahui 99.5050 % daerah pemukiman atau lahan terbangun pada citra tanggal 21 Oktober 2015 tertutupi oleh asap dan awan sehingga data *trajectory* polutan yang tumpang tindih pada kelas lahan terbangun sedikit atau bahkan tidak ada.

Tabel 29 Luas area klasifikasi lahan terbangun pada citra 10 Juli 2015

Kelas	Jumlah Piksel	Luas (km ²)	Persentase Luas (%)
Asap	61 126	55 013.4	19.8150
Awan	245 830	221 247.0	79.6900
Ridian Air	825	742.5	0.2674
Bayangan	0	0.0	0.0000
Lahan Terbangun	0	0.0	0.0000
Telah Terbakar	0	0.0	0.0000
Terbakar	32	28.8	0.0104
Vegetasi	670	603.0	0.2172



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Ringkasan hasil verifikasi *trajectory* polutan kabut asap untuk seluruh periode dapat dilihat pada Tabel 30. Dari seluruh periode diketahui rata-rata 69.34% data *trajectory* polutan kabut asap sesuai dengan keadaan aktual dan polutan CO dan CO₂ tertinggi berada di kelas asap atau awan.

Tabel 30 Hasil verifikasi seluruh periode

Periode	Tanggal Periode (2015)	Jumlah Kelas Awan dan Asap	Persentase Kelas Awan dan Asap (%)	Kelas yang mengandung CO tertinggi	Kelas yang mengandung CO ₂ tertinggi
1	09/07 – 11/07	66	80.49	Awan	Awan
2	22/07 – 23/07	408	30.68	Asap	Asap
3	26/07 – 29/07	512	41.83	Asap	Asap
4	30/08 – 01/09	742	72.89	Awan	Awan
5	01/09 – 02/09	2905	90.75	Awan	Awan
6	21/10 – 22/10	3359	99.41	Awan	Awan
Rata-rata			69.34		

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Klasifikasi citra satelit Landsat 8 menggunakan algoritme pohon keputusan berbasis 5.0 berhasil diterapkan. Nilai akurasi terbaik yang diperoleh dengan metode *k-fold cross validation* dengan $K=10$ adalah 97.589% dengan koefisien Kappa 0.906. Akurasi terbaik dari klasifikasi tersebut menghasilkan 5 946 aturan. Kelas asap dan awan memiliki tingkat kemiripan yang tinggi sehingga kedua kelas mengandung asap. Rata-rata akurasi dari seluruh periode simulasi *trajectory* polutan kabut asap pada penelitian sebelumnya adalah 69.34% polutan berada di kelas asap dan awan dan polutan CO dan CO₂ tertinggi berada di kelas asap atau kelas awan.

Saran

Penelitian ini pengklasifikasian citra satelit Landsat 8 dilakukan dengan mengelompokkan piksel-piksel citra berdasarkan nilai kecerahan piksel (*digital number*). Penelitian lanjutan diharapkan dapat menggunakan nilai reflektan dari citra dan dapat dilakukan tahap *cloud masking* untuk menghilangkan awan pada citra. Selain itu verifikasi dapat dilakukan dengan cara lain, diantaranya adalah pengecekan lapangan atau menggunakan media lain seperti data dari media sosial.

DAFTAR PUSTAKA

- Abriantini G, Sitanggang IS, Trismaningsih R. 2017. Hotspot sequential pattern visualization in peatland of Sumatra and Kalimantan using Shiny Framework. A paper presented in The 3rd International Symposium on LAPAN – IPB SATELLITE (LISAT), 25-26 October 2016, IPB International Convention Center, Bogor, Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 54(2017)012057. pp: 1-7. doi:10.1088/1755/54/1/012057.
- Adinugroho WC, Suryadiputra INN, Saharjo BH, Siboro L. 2005. Manual for the Control of Fire in Peatlands and Peatland Forest. Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia Project. Bogor (ID): Wetlands International – Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada.
- Aggipina. 2017. Klasifikasi Citra Landsat 8 untuk Verifikasi Pola Sekuens Titik Panas di Kubu Raya Kalimantan Barat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Apriananton. 2017. Pola Trajectory Dan Konsentrasi Polutan Kabut Asap Sebakaran Gambut Sumatra Menggunakan Pendekatan Trajectory Pattern Mining [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2015. Info Bencana Edisi September 2015 [Internet]. [diunduh 2017 Okt 15]. Tersedia pada: https://www.bnrb.go.id//uploads/publication/1123/2015_10_13_info_bencana_september.pdf
- Bogoliubova A, Tymkow T. 2014. Accuracy Assessment of Automatic Image Processing for Land Cover Classification of St. Petersburg Protected Area. Jurnal Acta Science Polonorum Geodesia et Descriptio Terrarum. 13(1-2): 5-
- Gianotti F, Nanni M, Pedreschi D, Pinelli F. 2007. Trajectory pattern mining. International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'07); 2007 Agt 12-15; San Jose, California, Amerika Serikat. California (US): ACM. hlm 330–339.
- Han J, Kamber M, Pei J. 2012. Data Mining: Concepts and Techniques. Ed ke-3. USA: Morgan Kaufmann.
- Harris. 2015. The Many Band Combinations of Landsat 8 [Internet]. [diunduh 3 Juni 2018]. Tersedia pada: <https://www.harrisgeospatial.com/Support/SelfHelpTools/HelpArticles/HelpArticles-Detail/TabId/2718/ArtMID/10220/ArticleID/15691/The-Many-Band-Combinations-of-Landsat-8.aspx>
- Istiqomah N. 2016. Identifikasi Fire Spot Berdasarkan Pola Sekuens Titik Panas dan Klasifikasi Area Terbakar di Lahan Gambut [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Khadirah H, Sitanggang IS, Nuryanto D.E. 2017. Clustering Haze Trajectory of Peatland Fires in Riau Province Using K-means Algorithm. A paper presented in The 3rd International Seminar On Sciences, 3rd November 2016, IPB International Convention Center, Bogor, Indonesia. IOP Conf. Series:Earth and Environmental Science 58(2017)012059.pp.1–6.doi:10.1088/1755-5815/58/1/012059.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.
- Landsat. 2013. Landsat 8 Bands [Internet]. [diunduh 2017 Des 2]. Tersedia pada: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/>
- Lapan. 2014. Hotspot: Hanyalah Indikator Bukan Kejadian Kebakaran Hutan/Lahan [Internet]. [diunduh 2017 Nov 10]. Tersedia pada: <http://www.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2014/840>
- Meliana O. 2016. Klasifikasi lahan gambut yang terbakar di kabupaten Ogan Komering Ilir menggunakan algoritme random forest dan algortime C5.0 [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [Menhut] Menteri Kehutanan. 2009. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.12 Tahun 2009 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan. Jakarta (ID): Kemetrian Kehutanan Republika Indonesia.
- Najiyati S, Asmana A, Nyoman IN, Suryadiputra. 2005. Pemberdayaan Masyarakat di Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Bogor (ID): Wetlands International-Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada.
- Ni'am M, Sitanggang IS, Nuryanto D.E. 2017. Clustering of CO and CO₂ concentration from Sumatra peat fire haze using HYSPLIT and K-means algorithm. A paper presented in The 3rd International Seminar On Sciences, 3rd November 2016, IPB International Convention Center, Bogor, Indonesia. IOP Conf.Series:Earth and Environmental Science 54(2017)012054.pp.1-8.doi: 10.1088/1755-1315/54/1/012054.
- Noor YR, Heyde J. 2007. Pengelolaan Lahan Gambut Berbasis Masyarakat di Indonesia. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Bogor (ID): Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada.
- Pandya R, Pandya J. 2015. C5.0 Algorithm to Improved Decision Tree with Feature Selection and Reduced Error Pruning. International Journal of Computer Application. 117(16): 18-21.
- Riswanto E. 2009. Evaluasi Akurasi Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra Satelit Palsar Resolusi Rendah Studi Kasus di Pulau Kalimantan [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rulequest. 2012. C5.0: An Informal Tutorial. [Internet]. [diunduh 2017 Nov 11]. Tersedia pada: <https://www.rulequest.com/see5-unix.html>
- Safitri MA. 2016. PEATLAND RESTORATION in Indonesia [Internet]. [diunduh 2017 Nov 18]. Tersedia pada: http://www.env.go.jp/earth/cop/cop22/common/pdf/event/11/02_presentation1.pdf
- Sharma R, Ghosh A, Joshi PK. 2013. Decision Tree Approach for Classification of Remotely Sensed Satellite Data Using Open Source Support. Journal Earth System Indian Academy of Sciences. 122(5):1237-1247.
- Suwarsono, Rokhmatuloh, Waryono T. 2013. Pengembangan Model Identifikasi Daerah Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan (Burned Area) Menggunakan Citra Modis di Kalimantan. Jurnal Penginderaan Jauh. 10(2): 93-11.
- Thariqa Sitanggang IS, Syaufina L. 2016. Comparative Analysis of Spatial Decision Tree Algorithms for Burned Area of Peatland in Rokan Hilir Riau. TELKOMNIKA. 14(2).
- [USGS] US Geological Survey. 2016. Data users handbook [Internet]. [diunduh 2017 Nov 10]. Tersedia pada: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-18-data-users-handbook-section-4>

- Witten HI dan Frank E. 2005. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Ed ke-2. USA: Morgan Kaufmann.
- [WWF] World Wide Fund for Nature. 2015. Kebakaran Hutan dan Lahan: Mungkinkah Penurunan Titik Panas hingga 50% Tercapai? [internet]. [diunduh 2017 Okt 14]. Tersedia pada: https://www.wwf.or.id/tentang_wwf/upaya_kami/iklim_dan_energi/solusikami/adaptasi/forest_fire.cfm
- Yanti F. 2017. Pengelompokan Data Kabut Asap dan Polutan dari Kebakaran Lahan Gambut di Sumatra Selatan menggunakan Algoritme K-means [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 1 Contoh data *trajectory* polutan kabut asap yang akan diverifikasi

Periode 1: 9 Juli – 11 Juli 2015

Hari	Jam	Latitude	Longitude	CO ₂	CO
9	3	-0.27	102.60	1.50x10 ⁻⁷	0
9	3	-0.37	102.65	5.70x10 ⁻⁶	8.20x10 ⁻⁷
9	3	-0.32	102.65	1.80x10 ⁻⁵	3.40x10 ⁻⁶
9	3	-0.27	102.65	5.30x10 ⁻⁶	5.00x10 ⁻⁷
9	3	-0.22	102.65	7.50x10 ⁻⁷	0
9	6	-0.22	102.60	0	5.60x10 ⁻⁸
9	6	-0.32	102.65	6.90x10 ⁻⁶	7.60x10 ⁻⁷
9	6	-0.27	102.65	5.10x10 ⁻⁶	1.60x10 ⁻⁶
9	6	-0.22	102.65	4.50x10 ⁻⁶	8.80x10 ⁻⁷
9	6	-0.17	102.65	2.70x10 ⁻⁶	1.70x10 ⁻⁷
9	6	-0.12	102.65	8.80x10 ⁻⁷	2.20x10 ⁻⁷
9	6	-0.07	102.65	2.50x10 ⁻⁷	0

Periode 2: 22 Juli – 23 Juli 2015

Hari	Jam	Latitude	Longitude	CO ₂	CO
22	3	1.00	101.70	4.50x10 ⁻⁷	0
22	3	0.95	101.75	0	5.60x10 ⁻⁸
22	3	1.00	101.75	2.10x10 ⁻⁶	1.10x10 ⁻⁷
22	3	0.95	101.80	4.40x10 ⁻⁶	2.80x10 ⁻⁷
22	3	1.00	101.80	9.20x10 ⁻⁶	8.20x10 ⁻⁷
22	3	0.90	101.85	3.20x10 ⁻⁶	2.50x10 ⁻⁷
22	3	0.95	101.85	1.70x10 ⁻⁵	1.90x10 ⁻⁶
22	3	0.85	101.90	5.60x10 ⁻⁸	1.40x10 ⁻⁸
22	3	0.90	101.90	2.70x10 ⁻⁵	3.30x10 ⁻⁶
22	3	0.95	101.90	1.70x10 ⁻⁵	3.00x10 ⁻⁶
22	3	0.85	101.95	3.20x10 ⁻⁵	4.00x10 ⁻⁶
22	3	0.90	101.95	4.00x10 ⁻⁵	5.80x10 ⁻⁶
22	3	1.00	101.70	4.50x10 ⁻⁷	0

Periode 3: 26 Juli – 29 Juli 2015

Hari	Jam	Latitude	Longitude	CO ₂	CO
26	3	-0.28	102.46	4.00x10 ⁻⁷	0
26	3	-0.23	102.46	4.00x10 ⁻⁷	9.30x10 ⁻⁸
26	3	-0.18	102.46	1.90x10 ⁻⁷	4.70x10 ⁻⁸
26	3	-0.13	102.46	3.80x10 ⁻⁷	7.00x10 ⁻⁸
26	3	-0.08	102.46	0	4.70x10 ⁻⁸
26	3	-0.03	102.46	1.90x10 ⁻⁷	2.30x10 ⁻⁸
26	3	0.02	102.46	3.80x10 ⁻⁷	1.20x10 ⁻⁷
26	3	0.07	102.46	1.90x10 ⁻⁷	7.00x10 ⁻⁸
26	3	0.12	102.46	0	2.30x10 ⁻⁸
26	3	-0.38	102.51	2.10x10 ⁻⁷	2.60x10 ⁻⁸
26	3	-0.33	102.51	1.60x10 ⁻⁶	6.30x10 ⁻⁷

Bogor Agricultural University

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 Lanjutan

Periode 4: 30 Agustus – 1 September 2015

Hari	Jam	Latitude	Longitude	CO ₂	CO
30	3	1.11	101.80	0	1.40x10 ⁻⁸
30	3	1.16	101.80	0	1.40x10 ⁻⁸
30	3	1.01	101.85	0	1.40x10 ⁻⁸
30	3	1.06	101.85	1.10x10 ⁻⁷	2.80x10 ⁻⁸
30	3	1.11	101.85	2.30x10 ⁻⁷	2.80x10 ⁻⁸
30	3	1.16	101.85	2.30x10 ⁻⁷	0
30	3	1.21	101.85	1.10x10 ⁻⁷	0
30	6	1.71	101.55	0	2.80x10 ⁻⁸
30	6	1.56	101.60	0	1.40x10 ⁻⁸
30	6	1.61	101.60	0	4.20x10 ⁻⁸
30	6	1.66	101.60	0	1.40x10 ⁻⁸
30	6	1.46	101.65	0	1.40x10 ⁻⁸

Periode 5: 1 September – 3 September 2015

Hari	Jam	Latitude	Longitude	CO ₂	CO
1	3	100.98	0.88	0	2.30x10 ⁻⁸
1	3	101.03	0.78	0	2.30x10 ⁻⁸
1	3	101.03	0.83	0	4.70x10 ⁻⁸
1	3	101.08	0.68	2.10x10 ⁻⁷	2.30x10 ⁻⁸
1	3	101.08	0.73	0	1.00x10 ⁻⁷
1	3	101.08	0.78	1.90x10 ⁻⁷	4.90x10 ⁻⁸
1	3	101.08	0.83	0	2.30x10 ⁻⁸
1	6	101.08	0.88	0	2.30x10 ⁻⁸
1	6	101.08	0.93	0	2.30x10 ⁻⁸
1	6	101.13	0.63	1.30x10 ⁻⁶	1.50x10 ⁻⁷
1	6	101.13	0.68	2.60x10 ⁻⁶	5.10x10 ⁻⁷
1	6	101.13	0.73	1.90x10 ⁻⁷	7.50x10 ⁻⁸

Periode 6: 21 Oktober – 22 Oktober 2015

Hari	Jam	Latitude	Longitude	CO ₂	CO
21	9	0.52	101.29	2.50x10 ⁻⁷	0
21	9	0.62	101.39	0	3.10x10 ⁻⁸
21	9	0.97	101.39	2.50x10 ⁻⁷	0
21	9	0.57	101.44	0	9.30x10 ⁻⁸
21	9	0.62	101.44	2.50x10 ⁻⁷	0
21	9	0.77	101.44	5.00x10 ⁻⁷	0
21	9	0.92	101.44	2.50x10 ⁻⁷	0
21	9	0.97	101.44	2.50x10 ⁻⁷	0
21	9	0.47	101.49	2.30x10 ⁻⁷	0
21	9	0.52	101.49	2.50x10 ⁻⁷	0
21	9	0.57	101.49	0	3.10x10 ⁻⁸
21	9	0.62	101.49	2.50x10 ⁻⁷	0

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 2 Contoh hasil ekstrasi nilai *digital number* citra sampel

	<i>Band 5</i>	<i>Band 7</i>	<i>Band 1</i>
	17371	7129	9872
	17647	6686	9850
	18520	6630	9854
	18703	6711	9882
	17920	6886	9854
	16848	6764	9840
	16852	6687	9824
	17409	6496	9825
	18450	6658	9856
	18660	6735	9894
	18436	6756	9885
	17291	6769	9880
	16532	6660	9842
	17812	6620	9881
	17788	6812	9883

Lampiran 3 Tingkat kemiripan seluruh pasangan kelas

Pasangan Kelas	<i>Band 5</i>	<i>Band 7</i>	<i>Band 1</i>	Rata-rata
Asap, Vegetasi	1.09918	1.33685	1.52165	1.31923
Asap, Awan	0.09494	0.05923	0.11998	0.09138
Asap, Badan Air	1.30976	1.09873	1.06539	1.15796
Asap, Bayangan	1.99774	1.99993	2.00000	1.99923
Asap, Telah Terbakar	1.84724	0.22949	1.89981	1.32551
Asap, terbakar	1.84790	1.36941	1.80923	1.67551
Asap, Lahan Terbangun	1.74708	0.06878	2.00000	1.27195
Vegetasi, Awan	0.63808	0.99950	1.07595	0.90451
Vegetasi, Badan Air	0.77268	0.01919	0.23944	0.34377
Vegetasi, Bayangan	1.77408	1.40554	1.50376	1.56113
Vegetasi, Telah Terbakar	0.69151	1.07170	0.09960	0.62094
Vegetasi, terbakar	0.50116	1.97222	0.24522	0.90620
Vegetasi, Lahan Terbangun	0.55587	1.63103	1.25129	1.14606
Awan, Badan Air	0.88104	0.75126	0.55620	0.72950
Awan, Bayangan	1.97681	1.99917	2.00000	1.99200
Awan, Telah Terbakar	1.55294	0.16627	1.65131	1.12351
Awan, terbakar	1.54084	1.19385	1.41755	1.38408
Awan, Lahan Terbangun	1.38436	0.25838	1.99995	1.21423
Badan Air, Bayangan	0.69685	1.58749	1.96684	1.41706
Badan Air, Telah Terbakar	0.33898	0.86453	0.61124	0.60492
Badan Air, terbakar	0.55517	1.91645	0.21463	0.89541
Badan Air, Lahan Terbangun	0.28428	1.44886	1.89418	1.20911
Bayangan, Telah Terbakar	0.88841	1.99830	0.83314	1.23995
Bayangan, terbakar	1.24818	2.00000	1.74423	1.66414

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 Lanjutan

Pasangan Kelas	5	Band 7	Band 1	Rata-rata
Bayangan, Lahan Terbangun	0.94560	2.00000	0.09170	1.01243
Telah Terbakar, terbakar	0.06663	1.90174	0.37715	0.78184
Telah Terbakar, Lahan Terbangun terbakar, Lahan Terbangun	0.00848	0.44514	0.65742	0.37035
	0.04800	1.64627	1.60770	1.10066

Lampiran 4 Distribusi data latih dan data uji

Data latih fold ke-1

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	883336	7619	8125	12085	47281	24890	40756
Awan	656118	6251	6251	12092	62909	28151	50790
Batan Air	884889	0	0	0	21443	11016	20252
Bayangan	220926	9139	5602	9918	22419	9899	15758
Lahan Terbagun	232306	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar	654331	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Tebakar	218730	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	1601357	6961	5874	6726	32691	25119	20723

Data uji fold ke-1

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	98148	16841	9307	15319	47281	24776	40756
Awan	72902	11573	6527	12173	58880	27426	47372
Batan Air	98321	7836	5950	10808	21283	11016	20199
Bayangan	24548	9315	5621	9927	19006	9886	14802
Lahan Terbagun	25812	11498	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar	72703	10146	6705	9718	22657	14765	18217
Tebakar	24304	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	177929	7004	5883	6774	32691	24511	20386

Data latih fold ke-2

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	883335	14468	7619	12085	47281	24890	40756
Awan	656118	11444	6342	12092	62909	28151	50790
Batan Air	884889	0	0	0	21443	11016	20252
Bayangan	220926	9139	5602	9918	22419	9899	14919
Lahan Terbagun	232306	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar	654330	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Tebakar	218731	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	1601357	6961	5874	6726	32691	25119	20723

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



Lampiran 4 Lanjutan

Data uji fold ke-2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang	Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
	Asap	98148	16841	9328	14255	46627	24693	40404
	Awan	72902	11573	6251	12173	58496	27509	47550
	Badan Air	98321	7804	5966	10823	21269	11016	20252
	Bayangan	24548	9216	5604	9939	22419	9886	15758
	Lahan Terbagun	25812	11498	7298	9866	22437	18387	14011
	Telah terbakar	72704	10140	6808	9726	22659	15121	18186
	Terbakar	24303	13005	8607	11427	20746	65535	18425
	Vegetasi	177929	6968	5878	6773	31645	24306	20723

Data latih fold ke-3

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)	Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
	Asap	883335	14468	7619	12085	47281	24890	40756
	Awan	656118	11444	6251	12092	62909	28151	50790
	Badan Air	884889	0	0	0	21443	11016	20252
	Bayangan	220927	9139	5602	9918	22419	9899	15758
	Lahan Terbagun	232307	11256	7107	9866	22437	18387	14011
	Telah terbakar	654331	10140	6411	9709	22765	16573	18218
	Terbakar	218731	13005	8607	11427	20746	65535	18425
	Vegetasi	1601357	6961	5874	6726	32691	25119	20723

Data uji fold ke-3

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)	Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
	Asap	98148	15827	8125	14255	46999	24890	40734
	Awan	72902	12421	6342	12472	62720	27209	50467
	Badan Air	98321	7807	5950	10808	21271	10995	20207
	Bayangan	24548	9208	5602	9927	19722	9886	14820
	Lahan Terbagun	25811	11543	7107	9873	22437	17613	14011
	Telah terbakar	72703	10146	6411	9709	22805	15327	18181
	Terbakar	24303	13005	8607	11427	20746	65535	18425
	Vegetasi	177929	6979	5886	6768	32030	24163	20723

Data latih fold ke-4

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)	Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
	Asap	883334	14468	7619	12085	47281	24890	40756
	Awan	656118	11444	6251	12173	62909	27994	50790
	Badan Air	884889	0	0	0	21443	11016	20252

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan,

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Lanjutan

Data latih fold ke-4

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Bayangan	220926	9139	5602	9918	22419	9899	15758
Lahan Terbagun	232307	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar	654331	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Terbakar	218730	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	1601358	6968	5874	6726	32691	25119	20723

Data uji fold ke-4

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	98149	16779	8913	13388	46549	24703	40397
Awan	72902	11505	6479	12092	58106	28151	46893
Badan Air	98321	7813	5950	10830	21229	11003	20182
Bayangan	24548	9230	5602	9927	19722	9853	14919
Lahan Terbagun	25811	11256	7693	9873	22437	18387	14011
Telah terbakar	72703	10667	6901	9772	22270	15026	18218
Terbakar	24304	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	177928	6961	5890	6799	31645	24275	19770

Data latih fold ke-6

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	883335	14468	7619	12085	47281	24890	40756
Awan	656118	11444	6251	12092	62909	24890	50790
Badan Air	884889	0	0	0	21443	11016	20252
Bayangan	220926	9139	5602	9927	22419	9899	15758
Lahan Terbagun	232306	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar	654331	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Terbakar	218730	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	1601358	6961	5874	6726	32691	25119	20723

Data Uji fold ke-6

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	98148	16834	9312	14162	47281	24676	40756
Awan	72902	11609	6566	12291	60200	27867	49173
Badan Air	98321	7824	5960	10808	21272	11005	20225
Bayangan	24548	9295	5629	9918	18540	9899	14814
Lahan Terbagun	25812	11543	7107	9866	22437	17613	14011
Telah terbakar	72703	10140	6724	9721	22680	16573	18208

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan,

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 4 Lanjutan

Data Uji *fold* ke-6

Nama	Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Terbakar		24304	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi		177928	7039	5878	6758	32691	23935	19768

Data latih *fold* ke-7

Nama	Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap		883334	14468	7619	12085	47281	24890	40756
Awan		656118	11444	6251	12092	62909	28151	50790
Badan Air		884889	0	0	0	21443	11016	20252
Bayangan		220927	9139	5602	9918	22419	9899	15758
Lahan Terbagun		232306	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar		654330	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Terbakar		218731	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi		1601357	6961	5874	6726	32691	25119	20723

Data uji *fold* ke-7

Nama	Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap		98149	16801	9331	13696	46265	24610	40022
Awan		72902	11444	6506	12212	58758	27802	48540
Badan Air		98321	7813	5966	10830	21250	11006	20252
Bayangan		24547	9278	5625	9927	19656	9706	14813
Lahan Terbagun		25812	11256	7107	9873	22437	18387	14011
Telah terbakar		72704	10146	6411	9744	22356	15327	18182
Terbakar		24303	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi		177929	6998	5880	6794	32691	24634	19818

Data latih *fold* ke-8

Nama	Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap		883335	14468	7619	12085	47281	24890	40756
Awan		656118	11444	6251	12092	62720	28151	50467
Badan Air		884889	7804	5950	10808	21443	11016	20252
Bayangan		220927	9208	5602	9918	22419	9899	15758
Lahan Terbagun		232306	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar		654330	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Terbakar		218731	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi		1601358	6961	5874	6726	32691	25119	20723

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan,

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Lanjutan

Data uji fold ke-8

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	98148	16838	9292	13974	46527	24890	40078
Awan	72902	11797	6607	12488	62909	27955	50790
Badan Air	98321	0	0	0	21250	11003	20206
Bayangan	24547	9139	5628	9939	18339	9838	14817
Lahan Terbagun	25812	11256	7298	9866	22437	17613	14011
Telah terbakar	72704	10322	6544	9713	22589	16573	18193
Terbakar	24303	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	177928	7016	5879	6768	31127	24160	20723

Data latih fold ke-9

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	883335	14468	7619	12085	47281	24890	40756
Awan	656118	11444	6251	12092	62909	28151	50790
Badan Air	884889	0	0	0	21443	11016	20252
Bayangan	220927	9139	5602	9918	22419	9899	15758
Lahan Terbagun	232306	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar	654330	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Terbakar	218730	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	1601357	6961	5874	6726	32691	25119	20723

Data uji fold ke-9

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	98148	16837	9319	15311	47019	24827	40642
Awan	72902	12004	6445	12482	62900	27994	49173
Badan Air	98321	7832	5966	10828	21272	10989	20252
Bayangan	24547	9216	5647	9927	22419	9844	14919
Lahan Terbagun	25812	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar	72704	10140	6653	9718	22765	14748	18218
Terbakar	24304	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi	177929	6998	5901	6754	31884	24318	20386

Data latih fold ke-10

Nama Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
		Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap	883335	14468	7619	12085	47281	24890	40756
Awan	656118	11444	6251	12092	62909	28151	50790
Badan Air	884889	0	0	0	21443	11016	20252

1.

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a.

Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan,

b.

Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Bogor Agricultural University

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)



Lampiran 4 Lanjutan

Data latih *fold* ke-10

Nama	Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Bayangan		220927	9139	5602	9918	22419	9899	15758
Lahan Terbagun		232306	11256	7107	9866	22437	18387	14011
Telah terbakar		654331	10140	6411	9709	22805	16573	18218
Terbakar		218731	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi		1601358	6961	5874	6726	32691	25119	20723

Data uji *fold* ke-10

Nama	Kelas	Jumlah Anggota	Nilai Minimum			Nilai Maksimum		
			Band 5	Band 7	Band 1	Band 5	Band 7	Band 1
Asap		98148	16840	9297	15311	46749	24703	40424
Awan		72902	12278	6497	12472	58262	27114	46852
Badan Air		98321	7804	5960	10823	21264	11004	20208
Bayangan		24547	9283	5604	9927	19656	9899	14820
Lahan Terbagun		25812	11256	7693	9873	22437	18387	14011
Telah terbakar		72703	10375	6733	9709	22118	15244	18208
Terbakar		24303	13005	8607	11427	20746	65535	18425
Vegetasi		177928	7032	5892	6740	30738	23852	19776

Lampiran 5 Model berbasis pohon keputusan dan model berbasis aturan

Model berbasis pohon keputusan *fold* ke-5 (sebagian)

```

SubTree [S1]
Band5 <= 18605: Badan Air (4)
Band5 <= 18605:
....Band1 <= 18409: Awan (7/1)
      Band1 > 18409: Badan Air (21/7)

SubTree [S2]
Band7 <= 10593: Badan Air (5/1)
Band7 > 10593: Awan (4)

SubTree [S3]
Band7 <= 10620: Badan Air (72/16)
Band7 > 10620: Awan (11)

SubTree [S4]
Band7 <= 10598: Awan (2)
Band7 > 10598: Badan Air (33/1)
  
```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 5 Lanjutan

SubTree [S5]
Band5 <= 18157: Badan Air (22/6)
Band5 > 18157:
.... Band1 <= 18296: Awan (74)
Band1 > 18296:
.... Band5 > 18342: Awan (14)
Band5 <= 18342:
.... Band7 <= 10579: Badan Air (13/1)
Band7 > 10579:
.... Band7 > 10620: Awan (4)
Band7 <= 10620:
.... Band1 <= 18334: Badan Air (12/4)
Band1 > 18334: Awan (3)

SubTree [S6]
Band7 <= 10262: Vegetasi (4/1)
Band7 > 10262: Asap (6/2)

SubTree [S7]
Band5 > 20788: Vegetasi (2)
Band5 <= 20788:
.... Band1 <= 18335: Awan (5/1)
Band1 > 18335: Vegetasi (2)

SubTree [S8]
Band5 <= 20645: Vegetasi (2)
Band5 > 20645: Awan (4)

SubTree [S9]
Band7 <= 10383: Asap (11/1)
Band7 > 10383: Awan (9/1)

SubTree [S10]
Band5 <= 20793: Vegetasi (9/2)
Band5 > 20793: Awan (3/1)

SubTree [S11]
Band1 <= 18402: Vegetasi (22/7)
Band1 > 18402:
.... Band5 <= 20737: Vegetasi (3/1)
Band5 > 20737: Awan (2)

SubTree [S12]
Band1 <= 18464: Awan (7)
Band1 > 18464:
.... Band7 <= 10334: Asap (7/1)

SubTree [S13]
Band5 <= 20979: Awan (83/38)
Band5 > 20979: Asap (311/90)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 5 Lanjutan

```
SubTree [S14]
Band1 <= 18281: Awan (12)
Band1 > 18281:
    ... Band5 <= 20959: Asap (2)
        Band5 > 20959: Vegetasi (6/2)

SubTree [S15]
Band5 <= 21040: Vegetasi (8)
Band5 > 21040:
    ... Band1 <= 18360: Asap (3)
        Band1 > 18360: Vegetasi (2)
```

Model berbasis aturan fold ke-5 (sebagian)

10 aturan kelas asap:

Rule 1: (36373/12, lift 6.1)	Rule 5: (55365/32, lift 6.1)
Band5 > 27083 Band5 <= 27673 Band7 > 12537 Band7 <= 12996 Band1 > 24601 Band1 <= 24903 class Asap [1.000]	Band5 > 27057 Band5 <= 27379 Band7 > 12537 Band7 <= 12843 Band1 > 24411 Band1 <= 25377 -> class Asap [0.999]
Rule 2: (896, lift 6.1)	Rule 6: (5341/4, lift 6.1)
Band5 > 22107 Band7 > 10423 Band7 <= 10867 Band1 > 19297 Band1 <= 19414 class Asap [0.999]	Band5 > 27423 Band5 <= 27478 Band7 > 12190 Band7 <= 12830 Band1 > 24411 Band1 <= 25831 -> class Asap [0.999]
Rule 3: (5492/6, lift 6.1)	Rule 7: (4473/6, lift 6.0)
Band5 > 26096 Band5 <= 26258 Band7 > 11829 Band7 <= 12590 Band1 > 23891 Band1 <= 24177 -> class Asap [0.999]	Band5 > 23415 Band5 <= 23513 Band7 > 11757 Band7 <= 11993 Band1 > 21486 -> class Asap [0.998]
Rule 4: (10260/9, lift 6.1)	Rule 8: (12900/28, lift 6.0)
Band5 > 26374 Band5 <= 26582 Band7 > 12351 Band7 <= 12590 Band1 > 23748 Band1 <= 24174 class Asap [0.999]	Band5 > 24058 Band5 <= 24493 Band7 > 11886 Band7 <= 12229 Band1 > 22182 Band1 <= 22330 -> class Asap [0.998]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Institut Pertanian Bogor

Bogor

Agricultural U

Lampiran 5 Lanjutan

Rule 9: (6074/10, lift 6.0)
 Band5 <= 23763
 Band7 > 11726
 Band7 <= 12229
 Band1 > 21759
 Band1 <= 21849
 -> class Asap [0.998]

Rule 10: (8482/18, lift 6.0)
 Band5 > 24233
 Band5 <= 24384
 Band7 > 11921
 Band7 <= 12179
 Band1 > 22125
 Band1 <= 22616
 -> class Asap [0.998]

10 aturan kelas awan:

Rule 778: (3190, lift 8.2)
 Band5 > 18308
 Band5 <= 19085
 Band7 > 9205
 Band7 <= 9653
 Band1 > 14878
 Band1 <= 15604
 -> class Awan [1.000]

Rule 779: (3464, lift 8.2)
 Band5 <= 18499
 Band7 > 10558
 Band7 <= 11542
 Band1 > 16985
 Band1 <= 18162
 -> class Awan [1.000]

Rule 780: (3639, lift 8.2)
 Band5 > 20231
 Band5 <= 20498
 Band7 > 10088
 Band7 <= 10242
 Band1 > 17179
 Band1 <= 17819
 -> class Awan [1.000]

Rule 781: (2239, lift 8.2)
 Band5 > 21928
 Band5 <= 22444
 Band7 > 10088
 Band1 > 17811
 Band1 <= 18149
 -> class Awan [1.000]

Rule 782: (2420, lift 8.2)
 Band7 <= 9333
 Band1 > 18162
 -> class Awan [1.000]

Rule 783: (2304, lift 8.2)
 Band5 > 17774
 Band7 <= 9357
 Band1 > 18162
 -> class Awan [1.000]

Rule 784: (2362, lift 8.2)
 Band7 <= 9424
 Band1 > 18835
 -> class Awan [1.000]

Rule 785: (2460, lift 8.2)
 Band5 > 20712
 Band7 > 11188
 Band7 <= 11570
 Band1 > 18233
 Band1 <= 18523
 -> class Awan [1.000]

Rule 786: (6727, lift 8.2)
 Band5 > 20885
 Band7 > 10948
 Band7 <= 11803
 Band1 > 18162
 Band1 <= 18523
 -> class Awan [1.000]

Rule 911: (24498/30, lift 8.1)
 Band5 > 24764
 Band7 <= 12590
 Band1 > 18162
 Band1 <= 22481
 -> class Awan [0.999]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 5 Lanjutan

10 aturan kelas badan air:

```
Rule 2999: (55649/22, lift 6.0)
Band5 <= 19085
Band7 > 8765
Band7 <= 9421
Band1 > 16346
Band1 <= 16939
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3000: (19326/2, lift 6.0)
Band5 <= 20368
Band7 > 10211
Band7 <= 10387
Band1 > 18342
Band1 <= 19191
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3001: (78410/27, lift 6.0)
Band5 <= 18076
Band7 > 9357
Band7 <= 10593
Band1 > 18162
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3002: (71632/14, lift 6.0)
Band5 <= 18076
Band7 > 9357
Band7 <= 10619
Band1 > 18207
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3003: (75873/22, lift 6.0)
Band5 <= 18157
Band7 > 9357
Band7 <= 10665
Band1 > 18231
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3004: (67495/26, lift 6.0)
Band5 <= 18650
Band7 > 9357
Band7 <= 10781
Band1 > 18599
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3005: (20386/6, lift 6.0)
Band5 <= 20852
Band7 > 10423
Band7 <= 10830
Band1 > 19257
Band1 <= 20075
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3006: (6685/1, lift 6.0)
Band5 <= 12252
Band7 > 7171
Band7 <= 7379
Band1 > 12223
Band1 <= 12496
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3007: (4832, lift 6.0)
Band5 <= 11455
Band7 > 7278
Band7 <= 10088
Band1 > 11826
-> class Badan Air [1.000]

Rule 3041: (176823/427, lift 6.0)
Band5 <= 19624
Band7 > 9150
Band7 <= 9827
Band1 > 16939
Band1 <= 18162
-> class Badan Air [0.998]
```

10 aturan kelas bayangan:

```
Rule 3093: (2340, lift 24.2)
Band5 > 15015
Band5 <= 16271
Band7 <= 6912
Band1 > 11326
Band1 <= 12418
-> class Bayangan [1.000]

Rule 3094: (8357/1, lift 24.2)
Band5 > 11455
Band5 <= 15015
Band7 <= 6789
Band1 > 10927
Band1 <= 11321
-> class Bayangan [1.000]

Rule 3095: (14418, lift 24.2)
Band5 > 8649
Band5 <= 11455
Band7 <= 6041
-> class Bayangan [1.000]

Rule 3096: (40625/14, lift 24.2)
Band5 > 11455
Band5 <= 13051
Band7 <= 6628
Band1 > 10026
-> class Bayangan [1.000]
```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 5 Lanjutan

Rule 3097: (6369/1, lift 24.2)	Rule 3100: (20467, lift 24.2)
Band5 > 11129	Band5 > 9555
Band5 <= 11455	Band5 <= 11455
Band7 <= 6657	Band7 <= 6243
Band1 <= 12036	-> class Bayangan [1.000]
-> class Bayangan [1.000]	
Rule 3098: (42019/15, lift 24.2)	Rule 3101: (22829/10, lift 24.2)
Band5 > 10445	Band5 > 11700
Band7 <= 6533	Band5 <= 15015
Band1 > 11530	Band7 <= 6883
-> class Bayangan [1.000]	Band1 > 11600
	Band1 <= 11880
	-> class Bayangan [1.000]
Rule 3099: (18684/7, lift 24.2)	Rule 3132: (105045/199, lift 24.2)
Band5 > 11115	Band5 > 11873
Band5 <= 15015	Band5 <= 14243
Band7 <= 6816	Band7 <= 7082
Band1 > 11730	Band1 > 10389
Band1 <= 12015	Band1 <= 12496
-> class Bayangan [1.000]	-> class Bayangan [0.998]
10. Klasifikasi kelas lahan terbangun:	
Rule 3257: (7761, lift 23.0)	Rule 3260: (2398, lift 23.0)
Band5 > 17773	Band5 > 17054
Band7 > 12099	Band7 > 13684
Band7 <= 14136	Band7 <= 14010
Band1 > 12108	Band1 > 12642
Band1 <= 12284	Band1 <= 13186
-> class Lahan Terbangun	-> class Lahan Terbangun
[1.000]	[1.000]
Rule 3258: (4766, lift 23.0)	Rule 3261: (749, lift 23.0)
Band5 > 18531	Band5 > 13672
Band5 <= 18848	Band5 <= 13775
Band7 > 13231	Band7 > 11581
Band7 <= 14924	Band7 <= 11786
Band1 <= 13186	Band1 <= 10445
-> class Lahan Terbangun	-> class Lahan Terbangun
[1.000]	[0.999]
Rule 3259: (4004, lift 23.0)	Rule 3262: (1742/1, lift 23.0)
Band5 > 18531	Band5 <= 13271
Band5 <= 19294	Band7 > 12482
Band7 > 13527	Band7 <= 12599
Band7 <= 14010	Band1 <= 10472
Band1 <= 13186	-> class Lahan Terbangun
-> class Lahan Terbangun	[0.999]
[1.000]	

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 5 Lanjutan

```
Rule 3263: (2193/2, lift 23.0)      Rule 3265: (1180, lift 23.0)
Band5 <= 13201                      Band5 > 16539
Band7 > 12662                      Band5 <= 17180
Band7 <= 14136                      Band7 > 12010
-> class Lahan Terbangun          Band7 <= 12519
[0.999]                                Band1 > 12084
                                         Band1 <= 12359
                                         -> class Lahan Terbangun
                                         [0.999]

Rule 3264: (1293, lift 23.0)        Rule 3296: (20999/35, lift 23.0)
Band5 > 16470                      Band5 > 17963
Band5 <= 17180                      Band5 <= 19123
Band7 > 12010                      Band7 > 13231
Band7 <= 12519                      Band1 <= 12642
Band1 > 12084                      -> class Lahan Terbangun
Band1 <= 12301                      [0.998]
-> class Lahan Terbangun
[0.999]
```

10 aturan kelas telah terbakar:

```
Rule 4188: (8354, lift 8.2)        Rule 4192: (2938, lift 8.2)
Band5 <= 13208                      Band5 > 15445
Band7 > 9121                        Band5 <= 16593
Band7 <= 10088                      Band7 > 10805
Band1 <= 11630                      Band7 <= 13082
-> class Telah Terbakar            Band1 > 10991
[1.000]                                Band1 <= 11036
                                         -> class Telah Terbakar
                                         [1.000]

Rule 4189: (4074, lift 8.2)        Rule 4193: (5805, lift 8.2)
Band5 > 13673                      Band5 > 15445
Band5 <= 15444                      Band5 <= 15563
Band7 > 13279                      Band7 > 10088
Band7 <= 13418                      Band7 <= 13418
Band1 <= 10979                      Band1 > 10944
-> class Telah Terbakar            Band1 <= 11691
[1.000]                                -> class Telah Terbakar
                                         [1.000]

Rule 4190: (3549, lift 8.2)        Rule 4194: (5245, lift 8.2)
Band5 > 15444                      Band5 > 16093
Band5 <= 15902                      Band5 <= 16593
Band7 > 12524                      Band7 > 13082
Band7 <= 12841                      Band7 <= 13184
Band1 > 10858                      Band1 > 10944
Band1 <= 12637                      -> class Telah Terbakar
-> class Telah Terbakar            [1.000]
[1.000]                                -> class Telah Terbakar
                                         [1.000]

Rule 4191: (4117, lift 8.2)        Rule 4195: (5245, lift 8.2)
Band5 > 16317                      Band5 > 16093
Band5 <= 16499                      Band5 <= 16593
Band7 > 12893                      Band7 > 13082
Band7 <= 13117                      Band7 <= 13184
-> class Telah Terbakar            Band1 > 10944
[1.000]                                -> class Telah Terbakar
                                         [1.000]
```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Lampiran 5 Lanjutan

```

Rule 4195: (2459, lift 8.2)
  Band5 <= 15373
  Band7 > 13530
  Band7 <= 13615
  Band1 > 10653
  Band1 <= 11115
-> class Telah Terbakar [1.000]

Rule 4297: (23252/18, lift 8.2)
  Band5 <= 15441
  Band7 > 8447
  Band7 <= 10088
  Band1 > 10292
  Band1 <= 11426
-> class Telah Terbakar [0.999]

```

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

```

Rule 4196: (3972, lift 8.2)
  Band5 > 15771
  Band5 <= 15854
  Band7 > 10088
  Band7 <= 13772
  Band1 > 11115
  Band1 <= 11691
-> class Telah Terbakar [1.000]

```

10aturan kelas terbakar:

Rule 5216: (2909, lift 24.5)	Band5 <= 14623	Rule 5221: (8207, lift 24.5)	Band5 > 16978
Band7 > 10698	Band5 <= 17426	Band7 > 11770	Band1 > 13651
Band7 <= 14136	Band1 > 12130	-> class Terbakar [1.000]	-> class Terbakar [1.000]
-> class Terbakar [1.000]			
Rule 5217: (12992/2, lift 24.5)	Band5 <= 15228	Rule 5222: (12034, lift 24.5)	Band5 <= 17521
Band7 > 10643	Band7 <= 14136	Band7 > 10485	Band1 > 15593
Band1 > 12317	-> class Terbakar [1.000]	Band1 <= 16985	-> class Terbakar [1.000]
-> class Terbakar [1.000]			
Rule 5218: (11157/2, lift 24.5)	Band5 <= 15442	Rule 5223: (13128/2, lift 24.5)	Band5 <= 17785
Band7 > 10485	Band7 <= 12748	Band7 > 10485	Band1 > 15780
Band1 > 12903	Band1 > 12903	Band1 <= 16356	-> class Terbakar [1.000]
-> class Terbakar [1.000]			
Rule 5219: (16097, lift 24.5)	Band5 <= 15442	Rule 5224: (28261/11, lift 24.5)	Band5 <= 17785
Band7 > 10565	Band7 <= 12748	Band7 > 10664	Band1 > 14701
Band1 > 12637	Band1 > 12637	Band1 <= 16985	-> class Terbakar [1.000]
-> class Terbakar [1.000]			
Rule 5220: (6327/1, lift 24.5)	Band5 <= 16621	Rule 5269: (49695/45, lift 24.4)	Band5 <= 19874
Band7 > 11607	Band7 <= 12748	Band7 > 12820	Band1 > 13186
Band1 > 12951	Band1 <= 13535	-> class Terbakar [0.999]	-> class Terbakar [1.000]
-> class Terbakar [1.000]			

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 5 Lanjutan

10 aturan kelas vegetasi:

```

Rule 5696: (5824/1, lift 3.3)      Rule 5701: (29681/9, lift 3.3)
Band5 > 20868                      Band5 > 15258
Band7 > 9692                        Band7 <= 7210
Band7 <= 9752                        Band1 > 9971
Band1 <= 18162                      Band1 <= 10219
-> class Vegetasi [1.000]          -> class Vegetasi [1.000]

Rule 5697: (55938/15, lift 3.3)     Rule 5702: (113234/45, lift 3.3)
Band5 > 19773                      Band5 > 20231
Band7 > 9757                        Band7 <= 11267
Band7 <= 9870                        Band1 > 11581
Band1 > 16550                      Band1 <= 12732
Band1 <= 17753                      -> class Vegetasi [1.000]
-> class Vegetasi [1.000]

Rule 5698: (7778/2, lift 3.3)      Rule 5703: (18428/6, lift 3.3)
Band5 > 18308                      Band5 > 20231
Band5 <= 19457                      Band7 <= 10846
Band7 <= 9576                        Band1 > 14363
Band1 > 12342                        Band1 <= 14573
Band1 <= 12527                      -> class Vegetasi [1.000]
-> class Vegetasi [1.000]

Rule 5699: (27722/6, lift 3.3)     Rule 5704: (20952/2, lift 3.3)
Band5 > 15711                      Band5 > 17116
Band5 <= 16271                      Band7 > 6857
Band7 <= 7450                        Band7 <= 8447
Band1 <= 10966                      Band1 > 12081
-> class Vegetasi [1.000]          Band1 <= 12212
-> class Vegetasi [1.000]

Rule 5700: (52168/1, lift 3.3)      Rule 5752: (572088/419, lift 3.3)
Band5 > 15711                      Band5 > 20255
Band7 > 6489                        Band7 <= 10088
Band7 <= 6795                        Band1 <= 15869
Band1 <= 11051                      -> class Vegetasi [0.999]
-> class Vegetasi [1.000]

```

Lampiran 6 Confusion matrix

Fold ke-1

Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap	93842	6213	2	0	0	1	0	572
2: Awan	3316	64534	318	3	0	60	0	243
3: Badan	2	1488	97918	32	0	0	0	2
4: Bayangan	0	20	64	24431	0	11	0	114
5: Lahan terbagun	0	0	0	0	25777	171	0	14
6: Telah terpakuar	4	68	2	1	9	72249	0	129
7: Terbakar	9	26	1	0	6	54	24304	6
8: Vegetasi	975	553	16	81	20	157	0	176849

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 6 Lanjutan

Fold ke-2

Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap	93885	6021	0	0	0	1	0	634
2: Awan	3374	64838	297	4	0	69	0	237
3: Badan Air	1	1384	97943	40	0	0	0	7
4: Bayangan	0	13	61	24406	0	7	0	106
5: Lahan Terbagun	0	0	0	0	25771	185	0	15
6: Telah terbakar	2	82	1	6	15	72226	0	117
7: Terbakar	5	16	2	0	3	66	24303	3
8: Vegetasi	881	548	17	92	23	150	0	176810

Fold ke-3

Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap	93668	5941	1	0	0	0	0	497
2: Awan	3546	64906	248	5	0	54	0	259
3: Badan Air	3	1413	97974	33	0	0	0	3
4: Bayangan	0	17	77	24415	0	7	0	80
5: Lahan Terbagun	0	0	0	0	25773	187	0	10
6: Telah terbakar	5	80	2	9	12	72244	0	116
7: Terbakar	5	18	1	0	4	53	24303	4
8: Vegetasi	921	527	18	85	22	158	0	176960

Fold ke-4

Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap	93727	5941	1	0	0	1	0	599
2: Awan	3513	64860	284	8	0	73	0	238
3: Badan Air	1	1412	97955	29	0	1	0	3
4: Bayangan	0	13	62	24408	0	8	0	111
5: Lahan Terbagun	0	0	0	0	25771	166	0	7
6: Telah terbakar	1	96	1	2	9	72265	0	91
7: Terbakar	5	18	0	0	4	61	24304	2
8: Vegetasi	902	562	18	101	27	128	0	176877

Fold ke-6

Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap	93728	6008	1	0	0	0	0	592
2: Awan	3467	64787	276	5	0	64	0	222
3: Badan Air	3	1430	97953	25	0	1	0	2
4: Bayangan	0	22	68	24425	0	9	0	110

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan,

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 6 Lanjutan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang	Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
		1	2	3	4	5	6	7	8
5: Lahan Terbagun		0	0	0	0	25770	177	0	9
6: Telah terbakar		4	89	3	6	13	72256	0	86
7: Terbakar		6	22	1	0	6	43	24304	8
8: Vegetasi		940	544	19	87	23	153	0	176899

Fold ke-8

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang	Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap		93873	5973	2	0	0	0	0	670
2: Awan		3433	64761	270	5	0	65	0	239
3: Badan Air		2	1493	97973	26	0	1	0	5
4: Bayangan		0	9	61	24437	0	16	0	119
5: Lahan Terbagun		0	0	0	0	25770	191	0	12
6: Telah terbakar		1	78	3	6	8	72247	0	128
7: Terbakar		5	16	0	0	7	55	24303	8
8: Vegetasi		835	572	12	73	27	129	0	176748

Fold ke-7

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang	Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap		93636	6153	1	0	0	0	0	566
2: Awan		3508	64671	237	3	0	73	0	238
3: Badan Air		1	1420	97996	32	0	0	0	4
4: Bayangan		0	20	71	24426	0	6	0	106
5: Lahan Terbagun		0	0	0	0	25781	182	0	3
6: Telah terbakar		2	78	1	5	7	72251	0	108
7: Terbakar		6	17	2	0	3	59	24303	8
8: Vegetasi		995	543	13	81	21	133	0	176895

Fold ke-9

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang	Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap		93785	6103	2	0	0	2	0	638
2: Awan		3482	64819	327	2	0	51	0	246
3: Badan Air		2	1315	97907	32	0	0	0	3
4: Bayangan		0	18	70	24417	0	7	0	93
5: Lahan Terbagun		0	0	0	0	25774	175	0	5
6: Telah terbakar		7	88	1	9	12	72273	0	102
7: Terbakar		4	12	2	0	4	52	24304	2
8: Vegetasi		868	547	12	87	22	144	0	176840

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan,

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 6 Lanjutan

Fold ke-10

Kelas Aktual	Kelas Hasil Prediksi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1: Asap	93917	6052	2	0	0	1	0	603
2: Awan	3317	64867	337	2	0	54	0	259
3: Badan Air	1	1345	97880	33	0	2	0	3
4: Bayangan	0	17	77	24445	0	5	0	124
5: Lahan Terbangun	0	0	0	0	25790	174	0	7
6: Telah terbakar	3	70	0	5	1	72265	0	107
7: Terbakar	7	16	0	0	6	51	24303	5
8: Vegetasi	903	535	25	62	15	151	0	176820

Lampiran 7 Akurasi user (kesalahan komisi) dan akurasi produksi (kesalahan omisi)

Fold ke-1

Kelas	Akurasi produksi/ kelasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap	95.61	93.25
Awan	88.52	94.25
Badan Air	99.59	98.47
Bayangan	99.52	99.15
Lahan Terbangun	99.86	99.29
Telah Terbakar	99.38	99.71
Terbakar	100.00	99.58
Vegetasi	99.39	98.99
Rata-rata	97.73	97.84

Fold ke-2

Kelas	Akurasi produksi/ kelasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap	95.66	93.38
Awan	88.94	94.22
Badan Air	99.62	98.56
Bayangan	99.42	99.24
Lahan Terbangun	99.84	99.23
Telah Terbakar	99.34	99.69
Terbakar	100.00	99.61
Vegetasi	99.37	99.04
Rata-rata	97.77	97.87

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 7 Lanjutan

Fold ke-3

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang	Kelas	Akurasi produksi/ klasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap		95.44	93.57
Awan		89.03	94.04
Badan Air		99.65	98.54
Bayangan		99.46	99.26
Lahan Terbangun		99.85	99.24
Telah Terbakar		99.37	99.69
Terbakar		100.00	99.65
Vegetasi		99.46	99.03
Rata-rata		97.78	97.88

Fold ke-

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)	Kelas	Akurasi produksi/ klasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap		95.76	93.35
Awan		88.82	94.50
Badan Air		99.62	98.56
Bayangan		99.56	99.11
Lahan Terbangun		99.87	99.20
Telah Terbakar		99.35	99.73
Terbakar		100.00	99.70
Vegetasi		99.42	99.02
Rata-rata		97.77	97.87

Fold ke-

Bogor Agricultural University	Kelas	Akurasi produksi/ klasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap		95.50	93.42
Awan		88.87	94.14
Badan Air		99.63	98.53
Bayangan		99.50	99.15
Lahan Terbangun		99.84	99.28
Telah Terbakar		99.39	99.72
Terbakar		100.00	99.65
Vegetasi		99.42	99.01
Rata-rata		97.77	97.86

Fold ke-7

Bogor Agricultural University	Kelas	Akurasi produksi/ klasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap		95.64	93.39
Awan		88.83	94.17
Badan Air		99.65	98.47
Bayangan		99.55	99.17
Lahan Terbangun		99.84	99.22
Telah Terbakar		99.37	99.69

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 7 Lanjutan

Kelas	Akurasi produksi/ kelasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Telah Terbakar	99.37	99.69
Terbakar	100.00	99.63
Vegetasi	99.34	99.08
Rata-rata	97.78	97.85

Fold ke-8

Kelas	Akurasi produksi/ kelasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap	95.40	93.30
Awan	88.71	94.09
Badan Air	99.67	98.53
Bayangan	99.51	99.18
Lahan Terbangun	99.88	99.29
Telah Terbakar	99.38	99.72
Terbakar	100.00	99.61
Vegetasi	99.42	99.00
Rata-rata	97.75	97.84

Fold ke-9

Kelas	Akurasi produksi/ kelasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap	95.55	93.29
Awan	88.91	94.04
Badan Air	99.58	98.64
Bayangan	99.47	99.24
Lahan Terbangun	99.85	99.31
Telah Terbakar	99.41	99.70
Terbakar	100.00	99.69
Vegetasi	99.39	99.06
Rata-rata	97.77	97.87

Fold ke-10

Kelas	Akurasi produksi/ kelasahan Omisi (%)	Akurasi User/ kesalahan Komisi (%)
Asap	95.69	93.38
Awan	88.98	94.23
Badan Air	99.55	98.61
Bayangan	99.58	99.10
Lahan Terbangun	99.91	99.30
Telah Terbakar	99.40	99.74
Terbakar	100.00	99.65
Vegetasi	99.38	99.05
Rata-rata	97.81	97.88

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 3 Juli 1997. Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara, anak dari pasangan Suprapto dan Nur Kasanah. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 6 Tangerang Selatan pada tahun 2012 hingga 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Departemen Ilmu Komputer IPB melalui jalur SNMPTN Undangan. Penulis berpengalaman di bidang organisasi kemahasiswaan yaitu Bendahara umum 2 Himpunan Mahasiswa Ilmu Komputer (Himalkom) periode 2015–2016. Bendahara umum 1 Himalkom periode 2016–2017. Staff Acara IT Today tahun 2015 dan 2016, Bendahara umum *Computer Problem Solving Competition* (CPSC) 2016. Selain itu, penulis juga berpengalaman menjadi asisten praktikum mata kuliah *Data Mining*. Pertengahan tahun 2017, penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapang di PT. Media Indonusa pada bagian Faspay. Pada tanggal 12 Mei 2018 penulis mengikuti acara Seminar Nasional Ilmiah Ilmu Komputer sebagai pemakalah pada presentasi oral dan poster.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.